Cliente	Stack
Progetto No.	P10508
Data	13.03.2026
Revisione	P01
Riferimento	MIL09-SPS-DC-XX-CA-S-00001

L22

MIL09

RELAZIONE DI CALCOLO

13 MARCH 2026

REVISIONI

Document prepared by: B&W Engineering		Document checked by:	
Name	Amer Al-Asakrveh / Yusuf Egal / Abil Madhusoodanan/Maria Batac/ Kevin Thomas	**Name**	Mais Albaqaeen / Errol Ruddock
L22			
Name	Gabriele Gaetani / Giulio Ferrari di Collesape		
SPS			
Name	Antonio Condello, Arturo Donadio		

Revision:			
Revision No.	**Date**	**Revision Details**	**Approved by**
P01	13 MARCH 2026	Stage 4 – 100% Issue	JLD

ARTURO FRANCO LUIGI DONADIO
23.03.2026 14:21:44 GMT+00:00

ANTONIO CONDELLO INGEGNERE
23.03.2026 14:25:03 GMT+00:00

INDICE

1.	INTRODUZIONE	7
2.	NORME DI RIFERIMENTO	9
3.	PROPIETÀ MATERIALI	10
4.	CARICHI DI PROGETTO	11
4.1.	Carichi verticali	11
4.2.	Carichi SID	13
4.3.	Neve	13
4.4.	Vento	13
4.5.	Resistenza al fuoco	14
4.6.	Variazione termica	14
4.7.	Azione sismica	15
5.	COMBINAZIONE DI CARICO	17
6.	LAYOUT STRUTTURALE E SISTEMA DI RESISTENZA LATERALE	24
7.	REQUISITI STRUTTURALI PER MEP	27
8.	MODELLO GEOTECNICO	28
9.	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE DI CALCOLO	29
9.1.	Affidabiltà dei risultati	29
9.2.	Valuazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità	29
10.	CRITERI DI VALUTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	30
10.1.	Verifiche a pressoflessione allo SLU (c.a./ c.a.p)	30
10.2.	Verifica a taglio (c.a.)	30
10.3.	Verifca a punzonamento	30
10.4.	Verifiche SLE tensioni e fessurazioni	33
10.5.	Verifica elementi in acciaio	34
10.6.	Verifche geotecniche	34
10.7.	Verifica dei sistemi di controvento dissipativi	34
11.	MODELLAZIONE STRUTTURALE	36
11.1.	Analisi dinamica lineare	37
11.2.	Analisi dinamica non lineare (NLTH)	37
11.3.	Modellazione dispositive di dissipazione	37
11.4.	Modellazione dissipatori	40
11.5.	Modellazione della non linearità di materiale	40

12.	PROGETTAZIONE DI ELEMENTI PREFABBRICATI	42
13.	DATA HALL	52
13.1.	Analisi modale	52
13.2.	Effetti del secondo ordine	55
13.3.	Spostamenti SLU	56
13.4.	Forze interne allo SLU	57
13.5.	Spostamenti non lineari Time History	59
13.6.	Forze interne – non lineare time history	60
13.7.	Cicli isteretici dei dispositivi	62
13.8.	Verifica di operatività (RIG)	64
13.9.	Requisiti relativi al vento	65
13.10.	Verifica di resistenza	66
13.11.	Verifiche sistemi di controvento dissipativi	71
13.12.	Progettazione soletta collaborante in c.a.	72
13.13.	Gantry in copertura – data hall	78
14.	UFFICI	88
14.1.	Analisi modale	88
14.2.	Effetti del secondo ordine	90
14.3.	Requisiti relativi al vento	91
14.4.	Forze interne SLU	93
14.5.	Spostamenti non lineari time history	96
14.6.	Forze interne – non lineari time history	97
14.7.	Cicli isteretici dei dispositivi	100
14.8.	Verifica di operatività (RIG)	101
14.9.	Verifica di resistenza	102
14.10.	Progettazione soletta collaborante in c.a.	112
15.	GANTRY	123
15.1.	Analisi modale	125
15.2.	Effetti del secondo ordine	126
15.3.	Forze interne SLU	128
15.4.	Spostamenti SLO	130
15.5.	Forze interne – azione sismica	131

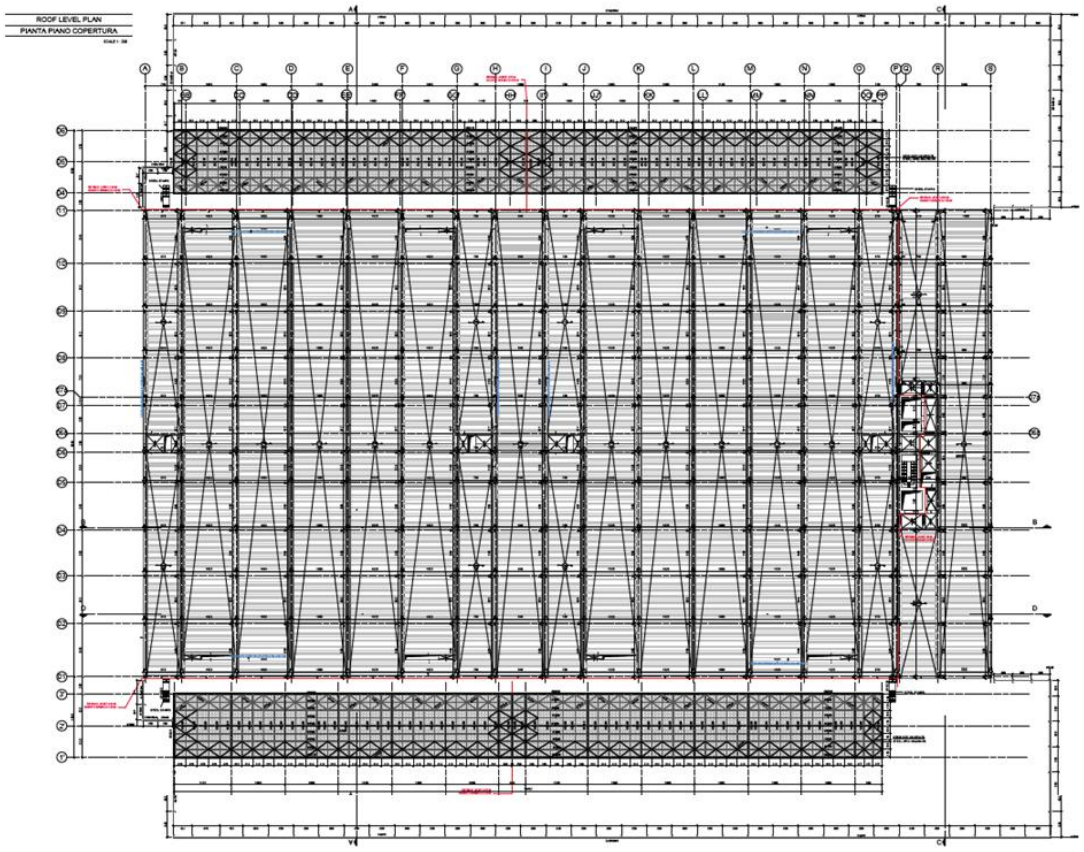
15.6.	Cicli isteretici dei dispositivi	132
15.7.	Verifica di operatività (RIG)	133
15.8.	Verifica di resistenza	135
15.9.	Verifica in esercizio SLE	147
16.	FONDAZIONI	150
16.1.	INTERAZIONE TERRENO - STRUTTURA	151
17.	VASCHE DI LAMINAZIONE	190
17.1.	Strutture provvisorie (pali-paratie, travi e tiranti)	191
17.2.	Collasso per rotazione	197
17.3.	Verifica della stabilità globale	197
17.4.	Sistema well-point e verifiche idrauliche (UPL/HYD)	198
17.5.	Verifica di sollevamento (UPL)	200
17.6.	Verifiche allo SLU/SLE	201
18.	GIUNTI IN ACCIAIO	219
18.1.	Data hall – Piastra di base – Controvento in acciaio	220
18.2.	Data hall - Piastra superiore – Controvento in acciaio	228
18.3.	Data hall - Piastra per travi – Controvento in acciaio	236
18.4.	Gantry di copertura - data hall- tipo 1	243
18.5.	Blocco uffici – Piastra A parete con dissipatore RC	253
18.6.	Blocco uffici – Piastra di collegamento dissipatore - trave	259
18.7.	Gantry esterno - Piastra di base del controvento verticale	267
18.8.	Gantry esterno - Colonna - Trave – Controvento verticale	280
18.9.	Gantry esterno - Dettaglio trave secondaria HEA 500 nella zona a sbalzo.	291
19.	VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO.	301
19.1.	Introduzione	301
19.2.	Norme di Riferimento	301
19.3.	Metodo di calcolo	301
19.4.	Determinazione della variazione di temperatura	302
19.5.	Calcolo della temperatura critica	306
19.6.	Determinazione della resistenza al fuoco	308
19.7.	Determinazione delle temperature	308
19.8.	1_PRINCIPALE – GANTRY ESTERNO [HEA 500]	310

19.9. 2_SECONDARIA –GANTRY ESTERNO [IPE 500] 315
19.10. 3_PRINCIPALI - GANTRY IN COPERTURA [HD 435 x 463] 321
19.11. 4_SECONDARIA - GANTRY IN COPERTURA [HEA 400] 326
19.12. Conclusioni 332

1. INTRODUZIONE

La presente relazione concerne la progettazione RIBA 4 delle strutture relative al nuovo complesso (MIL09) di data center da realizzare nel comune di Melzo (MI).

La planimetria è riportata di seguito.



Layout piano terra

Il complesso comprende:

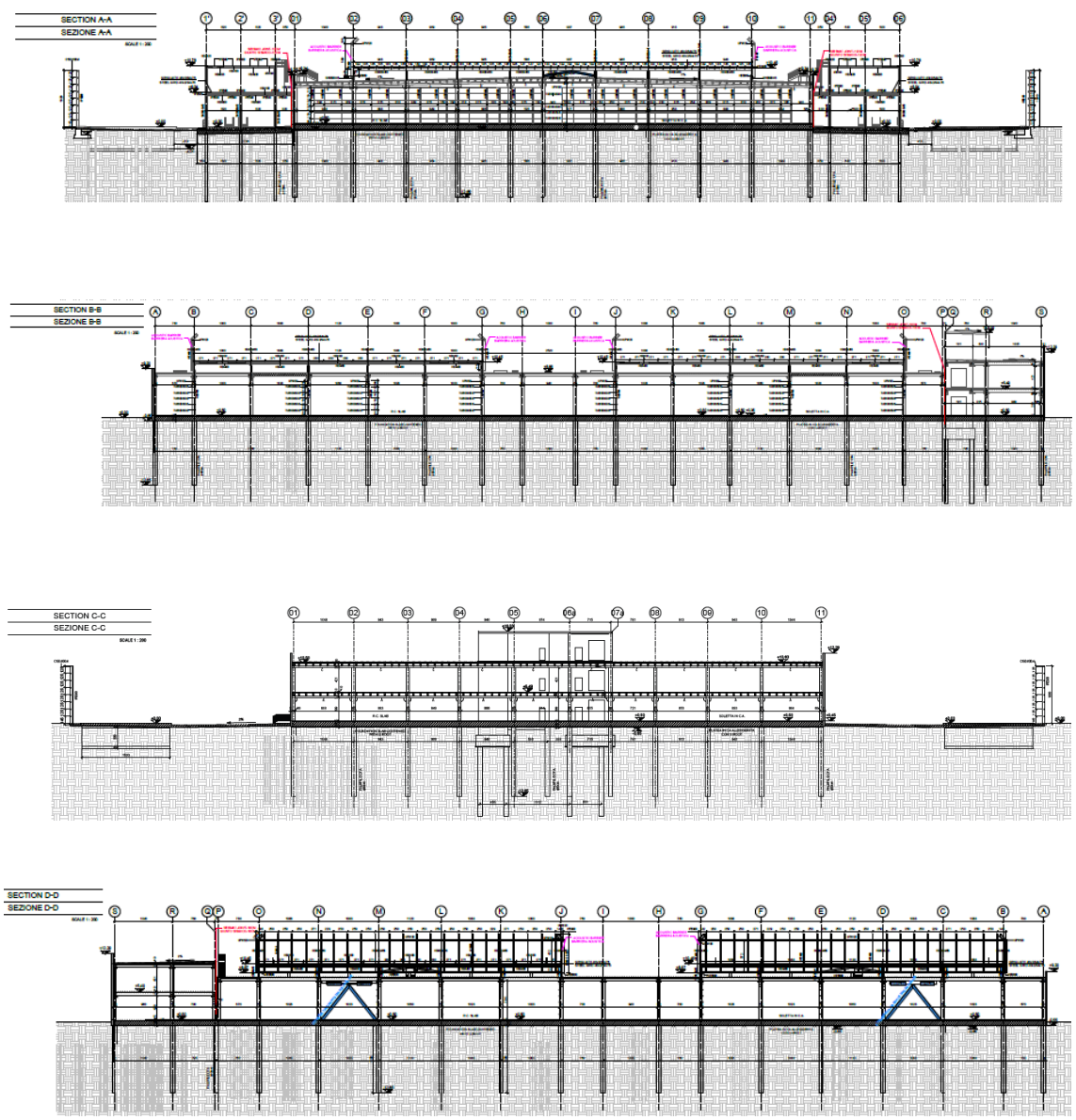
- Data hall 150mx93m (one-story);
- Blocco uffici 19 x 93m (two-story).
- Gantry esterno 2x 16x140m (two-story)

Per la data hall e il blocco uffici sono previste strutture in calcestruzzo prefabbricato, mentre per il gantry esterno sono previsti strutture in carpenteria metallica.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali, per la data hall si propone una struttura costituita da colonne isostatiche incastrate alla fondazione e da n. 4 controventi in acciaio per ciascuna direzione orizzontale, dotati di dissipatori viscosi non lineari. Per quanto riguarda invece il blocco uffici, i dissipatori sono collocati in corrispondenza del nucleo in c.a, che risulta quindi collegato tramite i dispositivi agli impalcati.

Per il gantry è previsto un sistema di controventi in acciaio dotato di FVD (dissipatore fluido viscoso). Questo sistema di resistenza laterale garantisce il pieno funzionamento dell'infrastruttura anche in caso di terremoti con periodi di ritorno elevati. Questo aspetto costituisce un requisito fondamentale per l'infrastruttura come un data center.

Sono previsti giunti sismici tra la data hall - blocco uffici e la data hall - Gantry.
Di seguito sono riportate la pianta e la sezione.



Sezioni

2. NORME DI RIFERIMENTO

I calcoli riportati nella presente relazione sono stati eseguiti secondo il metodo degli Stati Limite, in conformità con le seguenti norme/leggi:

- DPR 06.06.2001 n° 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" modificato e integrato ai sensi del D.Lgs 27.12.2002 n° 301.
- D.M. 17.01.2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- CNR-DT 207 R1/2018: "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".
- CNR-DT 211/2014: "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Pavimentazioni di Calcestruzzo".
- UNI EN 15129, dispositivi antisismici.

Ove non in contrasto con le norme sopra indicate, è potrà fare riferimento a:

- UNI EN 1992-1-1 (2005) "Eurocode 2: Progettazione di strutture in calcestruzzo - Part 1-1: Regole generali e regole per gli edifici".
- UNI EN 1998-1 (2007) "Eurocode 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici".
- UNI EN 1997-1 (2005) "Eurocode 7: Progettazione geotecnica – Part 1: regole generali".
- UNI EN 1993-1-1 (2005) "Eurocode 3: Progettazione di strutture in acciaio - Part 1-1 Regole generali e regole per gli edifici".
- D.M. 31.07.2012 "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici".

Per quanto riguarda le prestazioni strutturali specifiche richieste dal Cliente, si è fatto riferimento al documento "STEER-BWE-XX-XX-RP-N-00004" pubblicato il 16/10/2023.

3. PROPIETÀ MATERIALI

<u>Calcestruzzo fondazioni</u>	
Classe	C35/45
Classe di esposizione	XC2
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} = 21.17 MPa
<u>Calcestruzzo per pali</u>	
Classe	C25/30
Classe di esposizione	XC2
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} = 14.11 MPa
<u>Calcestruzzo per pareti e solai</u>	
Classe	C35/45
Classe di esposizione	XC3
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} = 21.17 MPa
<u>Calcestruzzo per elementi prefabbricati</u>	
Classe	C45/55
Classe di esposizione	XC1-XC3-XC4
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} = 25.86 MPa
<u>Acciaio da c.a (armatura lenta)</u>	
Acciaio di tipo	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$ 540.00 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$ 450.00 MPa
Resistenza di progetto	f_{pd} = 391.3 MPa
<u>Trefoli in acciaio armonico</u>	
Tensione caratteristica all'1% di deformazione	$f_{p(1)k}$ = 1670 MPa
Tensione caratteristica di rottura	f_{ptk} = 1860 MPa
Resistenza di progetto	f_{pd} = 1452.2 MPa
<u>Acciaio da carpenteria metallica</u>	
Acciaio di tipo	S355
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$ 510 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$ 355.00 MPa
Resistenza di progetto	f_{yd} = 338.1 MPa

4. CARICHI DI PROGETTO

Codici

Carichi	NTC18 basato sugli Eurocodici

Fattore di sicurezza (fattore parziale allo stato limite ultimo)

Carichi permanenti	1.3
Carichi variabili	1.5

In particolare:

- Il carico permanente sovrapposto (SID) comprende il soffitto, i carichi sospesi e le finiture;
- Il carico variabile (LL) comprende il peso delle attrezzature e il carico di manutenzione.

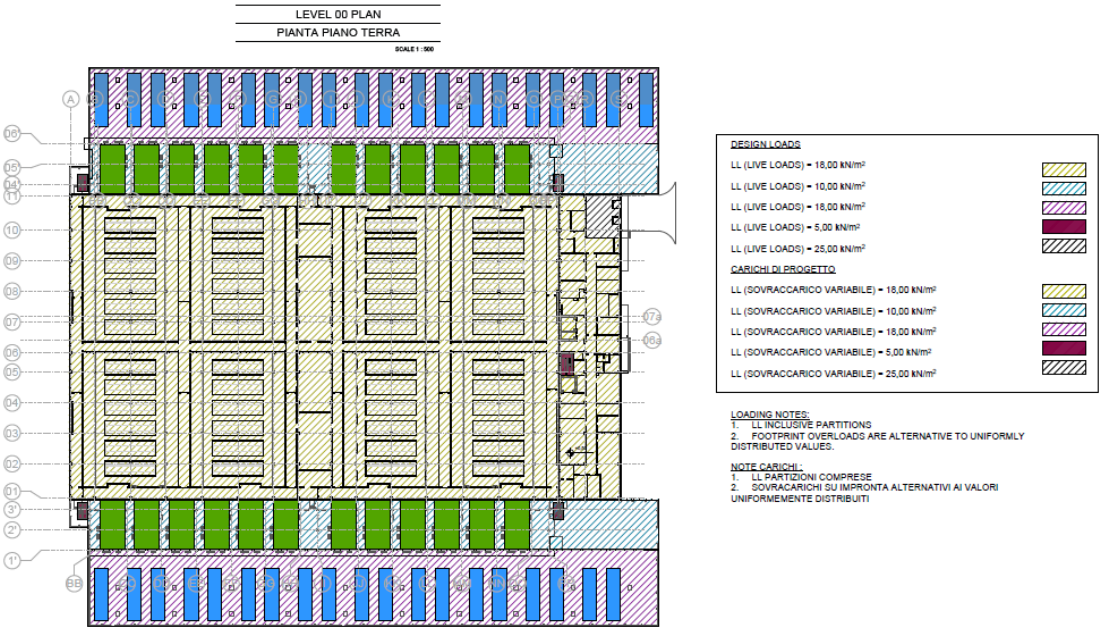
Le capacità strutturali dell'edificio saranno adeguate al peso e alla disposizione dei rack dei server e delle apparecchiature, come definito dalle operazioni del committente. Nelle aree in cui sono previsti carichi pesanti (rack), non sono previsti pavimenti sospesi.

4.1. Carichi verticali

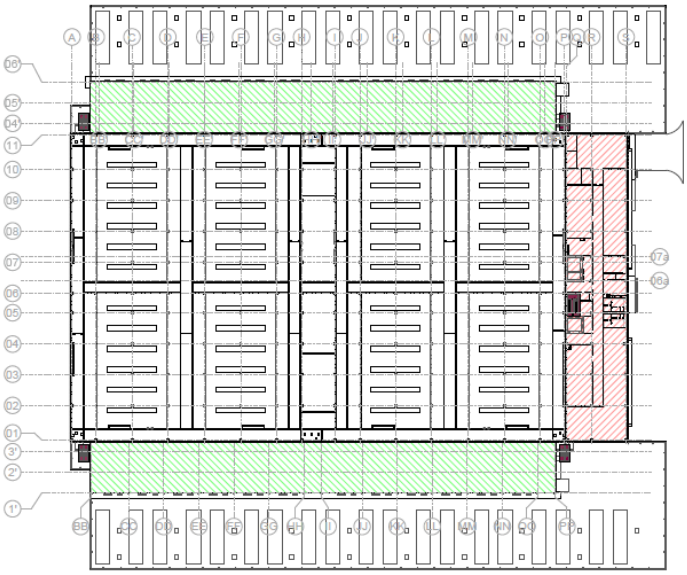
Il peso unitario dei materiali è pari a:

- Acciaio $\gamma_a = 78.5$ kN/m^3
- Calcestruzzo armato $\gamma_c = 25.0$ kN/m^3

Nella figura seguente è riportato la pianta carichi.



LEVEL 01 PLAN
PIANTA PIANO PRIMO



DESIGN LOADS

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 7,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 12,80 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,00 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 5,00 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 10,00 kN/m²

CARICHI DI PROGETTO

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 7,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 12,80 kN/m²

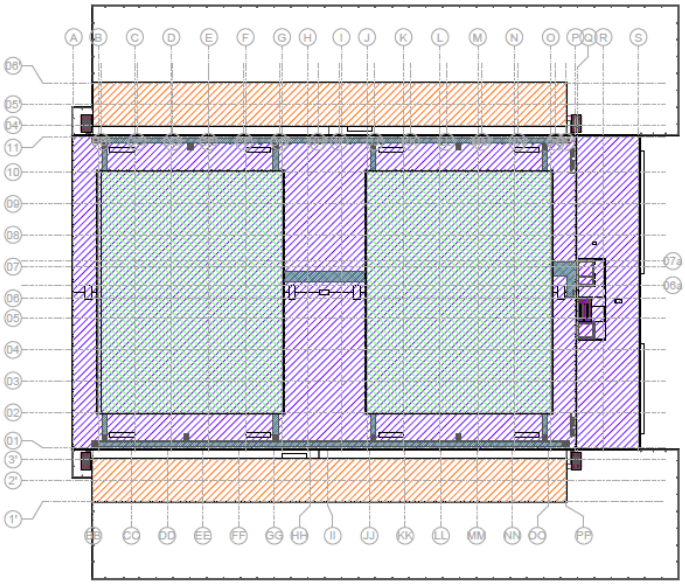
SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 1,00 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 5,00 kN/m²

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 1,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 10,00 kN/m²

LOADING NOTES:
1. LL INCLUSIVE PARTITIONS
2. SID INCLUSIVE OF HUNGING LOADS

NOTE CARICHI :
1. LL PARTIZIONI COMPRESE
2. SID COMPRESO I CARICHI APPESI

ROOF LEVEL PLAN
PIANTA COPERTURA



DESIGN LOADS

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 5,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 1,50 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 10,00 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 1,00 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 5,00 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 0,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 0,50 kN/m²

SID (SUPERIMPOSED DEAD LOADS) = 0,50 kN/m²
LL (LIVE LOADS) = 3,20 kN/m²

CARICHI DI PROGETTO

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 5,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 1,50 kN/m²

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 1,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 10,00 kN/m²

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 1,00 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 5,00 kN/m²

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 0,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 0,50 kN/m²

SID (SOVRACCARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE) = 0,50 kN/m²
LL (SOVRACCARICO VARIABILE) = 3,20 kN/m²

LOADING NOTES:
1. SID INCLUSIVE OF HUNGING LOADS
2. LL NOT INCLUDE SNOW LOAD

NOTE CARICHI :
1. SID COMPRESO I CARICHI APPESI
2. LL NON INCLUDONO CARICO NEVE

4.2. Carichi SID

I carichi permanenti applicati vengono valutati in base alle seguenti ipotesi:

1--BLOCCO UFFICI – piano primo:
- 4.0 kN/m^2:Finitura con polvere di quarzo, pavimento industriale (s=15cm), gomma acustica, XPS;
- 1.5 kN/m^2 : carichi sospesi;
- 2.0 kN/m^2 : pareti divisorie;

total: 7.5 kN/m^2

2- DH PIANO – piano copertura:
- 3.5 kN/m^2 : carichi sospesi;
- 0.5 kN/m^2 : membrana impermeabilizzante, isolamento e altre finiture;
- 1.5 kN/m^2 : attrezzatura della copertura;

total: 5.5 kN/m^2

3- PIANO BLOCCO UFFICI – piano copertura:
- 3.0 kN/m^2 : pavimento in acciaio + rivestimento in calcestruzzo + pareti della copertura;
- 0.5 kN/m^2 : membrana impermeabilizzante + isolamento;
- 1.5 kN/m^2 : attrezzatura di copertura.

total: 5.0 kN/m^2

4.3. Neve

Per il Comune di Melzo sono previsti i seguenti parametri:
- Altitudine del sito a_s = 118m s.l.m.
- Carico neve al suolo: q_{sk} = 1.50 kN/m^2 (Zona I-Mediterranea, a_s < 200 m s.l.m.)
- Coefficiente di forma: μ_1 = 0,8 (inclinazione falda $0 \leq \alpha \leq 30°$).
- Coefficiente termico: C_t = 1,0.
- Coefficiente di esposizione: C_E = 1,0.

In accordo al DM 17.01.2018, con tali parametri il carico da neve sulle strutture è pari a:
$q_s = \mu_1 \times q_{sk} \times C_t \times C_E$ = 1.20 kN/m^2

4.4. Vento

Le pressioni del vento sono calcolate in accordo con la normativa vigente:
- Zona 1: Lombardia.
- Classe di rugosità del terreno C.
- Categoria di esposizione III.
- Tempo di ritorno T_R = 50 anni.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$$

q_b è la pressione cinetica di riferimento;
c_e è il coefficiente di esposizione;
c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali; valutato in accordo all'appendice L del CNR DT207 R1/2018 (cd=0.8 applicato solo al vento impattante sull'edificio, per le barriere acustiche cd=1.0)
Essendo l'altitudine sul livello del mare del sito dove sorge la costruzione inferiore ad a_0 = 1000 m s.l.m., la velocità di riferimento è:

$$v_r = v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Quindi, la pressione cinetica di riferimento risulta essere:

$$q_b = 0.5 \times \rho \times v_b^2 = 390.63 \text{ N/m}^2 \ (\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3, \text{ densità dell'aria})$$

Fissata la classe di rugosità del terreno e la classe di esposizione del sito, è possibile individuare i parametri che definiscono il coefficiente di esposizione, quali:

$$k_r = 0.20$$
$$z_0 = 0.10 \text{ m}$$
$$z_{min} = 5.0 \text{ m}$$

Il coefficiente di esposizione ce, funzione dell'altezza z sul suolo del punto considerato, è stato valutato mediante le seguenti espressioni:

$$c_e(z) = k_r^2 \, c_t \ln(z/z_0) \, [7 + c_t \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{min}$$
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Il coefficiente di topografia (c_t) è stato assunto nel caso in esame pari ad 1.

I coefficienti aerodinamici sono stati calcolati in accordo ai paragrafi C3.3.8 della circolare n.7/2019 per gli edifici. Invece, per le barriere acustiche/muri, si è fatto riferimento all'appendice G.5 del CNR DT207 R1/2018.

4.5. Resistenza al fuoco

Resistenza al fuoco per la data hall: R90'
Resistenza al fuoco per gli uffici: R60'
Resistenza al fuoco per il gantry: R15'

4.6. Variazione termica

In conformità con le specifiche prestazioni strutturali richieste dal Cliente, si fa riferimento al documento "STEER-BWE-XX-XX-RP-N-00004" pubblicato il 16/10/2023, sono state prese in considerazione le seguenti variazioni termiche uniformi:
- per strutture in calcestruzzo non esposte +30/-15 °C;
- per strutture in acciaio esposte +/-50 °C.

4.7. Azione sismica

Ai sensi del Decreto Ministeriale 17.01.2018 tutti i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica sono definiti in base alle coordinate geografiche del sito, alle caratteristiche del terreno, alla destinazione d'uso della struttura e alla probabilità di superamento associata a un determinato stato limite.
Il sito in questione viene identificato effettuando una ricerca per coordinate.

Regione:	Lombardia
Comune:	Melzo (MI)
Longitudine:	9.411792
Latitudine:	45.497525
Vita nominale:	V_N = 50 anni
Classe d'utilizzo II:	C_u = 1.0
Categoria del sottosuolo:	Cat. C
Categoria topografica:	T1

Si noti che la durata nominale/classe di utilizzo non sono considerate dati di base nel calcolo del periodo di ritorno dell'azione sismica per i diversi stati limite. I livelli di prestazione sono stati definiti in accordo con il Cliente come segue:

- Operatività (SLO) → T_R = 1950 anni;
- Resistenza (SLC) → T_R = 2475 anni.

I periodi di ritorno di cui sopra soddisfano ampiamente le richieste della normativa nazionale NTC18.

L'analisi sismica è stata condotta mediante analisi dinamica non lineare time history. Pertanto, l'azione sismica è stata caratterizzata, per i due stati limite considerati mediante time history del moto del terreno, applicate simultaneamente nelle due direzioni.

In conformità al paragrafo 3.2.3.6 della NTC18, sono state utilizzate serie di accelerogrammi artificiali. La compatibilità spettrale con lo spettro di riferimento per lo stato limite considerato è stata verificata in conformità ai criteri definiti nel paragrafo 3.2.3.6 della NTC18.

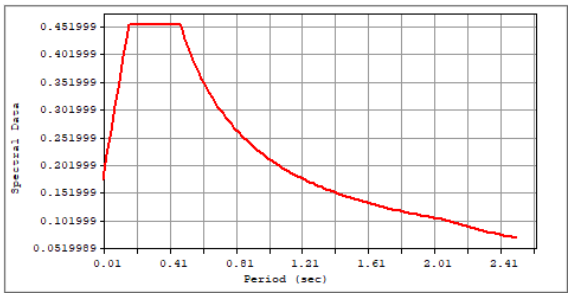
Di seguito sono riportati gli spettri elastici di riferimento e i corrispondenti accelerogrammi spettrocompatibili.

In conformità al paragrafo 7.3.6.1 della NTC18, si ipotizza il seguente limite di spostamento tra i piani:

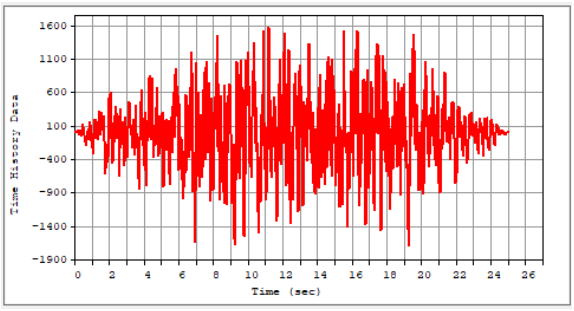
$$d_{rp} \leq 0.0033 \times h \quad \text{(data hall and uffici)}$$

$$d_{rp} \leq 0.005 \times h \quad \text{(gantry)}$$

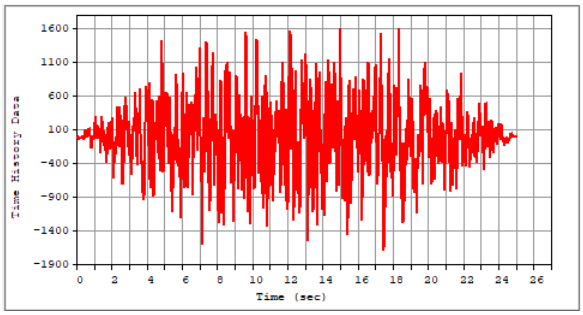
essendo d_{rp} lo spostamento relativo medio tra i piani e h l'altezza tra i piani. Considerando l'ultimo paragrafo del punto 7.3.6.1 del NTC18, si ipotizza che il limite massimo drp ≤ 0,005 x h garantisca la capacità di movimento dei riempimenti, delle partizioni interne e dei sistemi senza verifica esplicita. Si noti che la struttura a gantry non presenta rivestimenti.



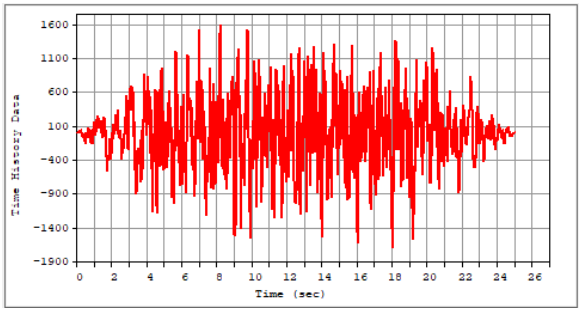
Spettro elastico 2475 anni



Accelerogramma 1 – 2475 anni



Accelerogramma 2 – 2475 anni



Accelerogramma 3 – 2475 anni

5. COMBINAZIONE DI CARICO

Stato Limite Ultimo

$F_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_Q \times [Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}]$
$\gamma_{G1} = 1,3$ per il peso proprio degli elementi strutturali ($\gamma_{G1} = 1,0$ se il contributo è a favore di sicurezza);
$\gamma_{G2} = 1,5$ per le azioni permanenti ($\gamma_{G2} = 0.8$ se il contributo è a favore di sicurezza);
$\gamma_Q = 1,5$ per le azioni variabili ($\gamma_Q = 0$ se il loro contributo è a favore di sicurezza);
$\psi_{0,i} = 0.5$ per carico neve;
$\psi_{0,i} = 1.0$ per carichi variabili cat. E;
$\psi_{0,i} = 0,6$ per azione del vento;
$\psi_{0,i} = 0.6$ per variazioni termiche.

Combinazione rara:
$F_d = E + G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}$

Combinazione frequente:
$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \psi_{1,i}\, Q_{k1} + \Sigma\psi_{0,i} \times Q_{k,i}$
$\psi_{1,i} = 0.2$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per carico neve;
$\psi_{1,i} = 0.9$, $\psi_{2,i} = 0.8$ per carichi variabili cat. E; ($\psi_{2,i} = 0.4$ for data hall, gantry in copertura, categoria K)
$\psi_{1,i} = 0.2$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per azione del vento;
$\psi_{1,i} = 0.5$, $\psi_{2,i} = 0.0$ per variazioni termiche.

Combinazione quasi permanente
$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \Sigma\psi_{2,i} \times Q_{k,i}$

Combinazione Sismica:
$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \Sigma\psi_{2,i} \times Q_{k,i}$ ($\psi_{2,i} = 0.4$ for data hall, gantry in copertura, categoria K)

Combinazione eccezionale:
$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \Sigma\psi_{2,i} \times Q_{k,i} + A_d$

Con riferimento all'azione sismica, essendo impiegata l'analisi dinamica non lineare con 3 gruppi di accelerogrammi, in accordo al paragrafo 7.3.5 delle NTC18, gli effetti sulla struttura sono rappresentati dagli effetti più sfavorevoli.

Il carico della copertura del gantry è considerato di categoria K, ovvero "coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti", che deve essere valutato caso per caso dal tecnico responsabile.

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
[illegible]	[illegible]		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	[illegible] caso		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nel caso specifico, il carico di progetto è pari a 10 kN/m². Tuttavia, una valutazione dettagliata dei carichi effettivi, basata sulla disposizione delle attrezzature previste, fornisce i seguenti risultati:

$$10\ CH \times 2 + 12\ tanks$$
$$= 4000\ kN + 4415\ kN \approx 8500\ kN$$

Distribuito sulla superficie portante:

$$8500 / (72 \times 52) = 2.2\ kN/m^2$$

Per motivi di sicurezza, viene adottato un fattore di riduzione ψ2j pari a 0,4, ovvero il 40% di 10 kN/m².

A titolo esemplificativo, di seguito è riportato un elenco delle combinazioni di carico per gli uffici.

```
                +============================================================+
                |  MIDAS(Modeling, Integrated Design & Analysis Software)    |
                |  midas Gen - Load Combinations                             |
                |                                            (c)SINCE 1989   |
                +============================================================+
                |  MIDAS Information Technology Co.,Ltd.         (MIDAS IT)  |
                |  Gen 2026                                                  |
                +============================================================+

-----------------------------
DESIGN TYPE : General
-----------------------------

LIST OF LOAD COMBINATIONS
==============================================================================================
NUM  NAME          ACTIVE             TYPE
                LOADCASE(FACTOR) +             LOADCASE(FACTOR) +             LOADCASE(FACTOR)
==============================================================================================
1    SLU0          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500)
----------------------------------------------------------------------------------------------
2    SLU40         Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +       Q manutenzione( 1.500)
----------------------------------------------------------------------------------------------
3    SLU1          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento X( 0.900) +                   T+( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
4    SLU2          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento X( 0.900) +                   T-( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
5    SLU3          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento X(-0.900) +                   T+( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
6    SLU4          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento X(-0.900) +                   T-( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
7    SLU5          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento Y( 0.900) +                   T+( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
8    SLU6          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento Y( 0.900) +                   T-( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
9    SLU7          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento Y(-0.900) +                   T+( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
10   SLU8          Inactive           Add
                     G1( 1.300) +                   G2( 1.500) +                    Q( 1.500)
 +                 Neve( 1.500) +              Vento Y(-0.900) +                   T-( 0.900)
----------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
11   SLU9          Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X( 1.500) +                T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
12   SLU10         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X( 1.500) +                T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
13   SLU11         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X(-1.500) +                T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
14   SLU12         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X(-1.500) +                T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
15   SLU13         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y( 1.500) +                T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
16   SLU14         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y( 1.500) +                T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
17   SLU15         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y(-1.500) +                T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
18   SLU16         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y(-1.500) +                T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
19   SLU17         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X( 0.900) +                T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
20   SLU18         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y( 0.900) +                T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
21   SLU19         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X(-0.900) +                T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
22   SLU20         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y(-0.900) +                T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
23   SLU21         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X( 0.900) +                T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
24   SLU22         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y( 0.900) +                T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
25   SLU23         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento X(-0.900) +                T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
26   SLU24         Inactive          Add
                     G1( 1.300) +                G2( 1.500) +                  Q( 1.500)
 +                 Neve( 0.750) +            Vento Y(-0.900) +                T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
```

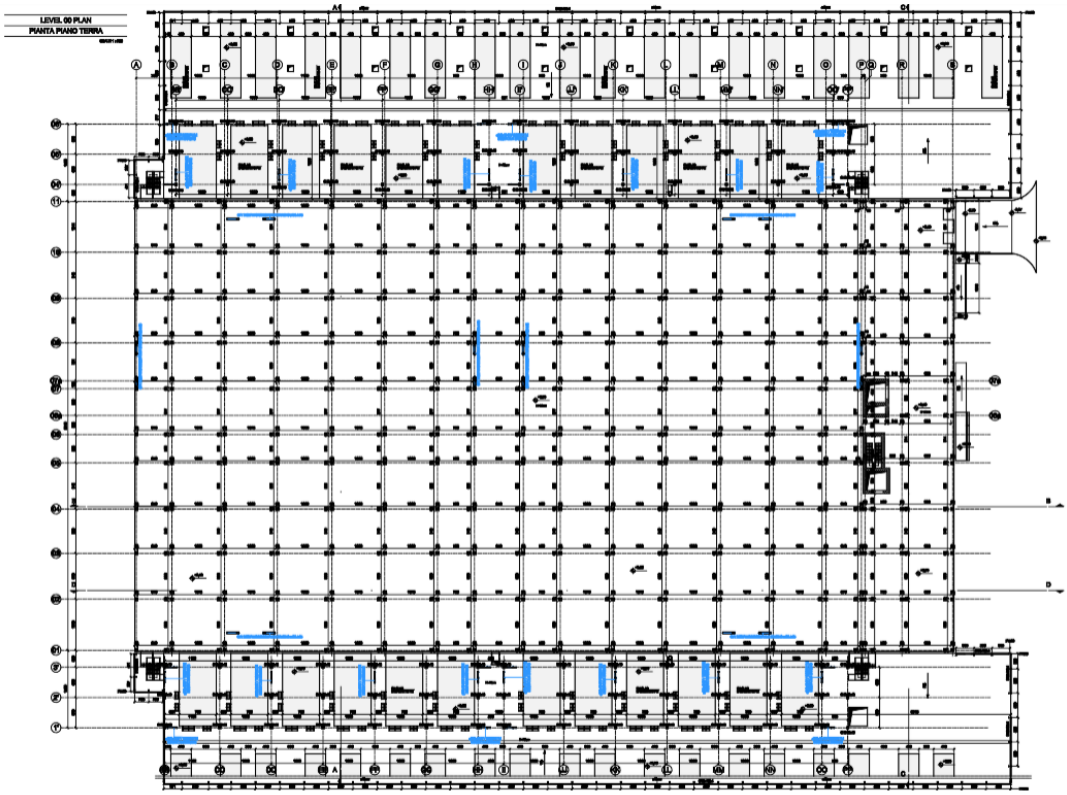
```
27   SLU25         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X( 1.500)
 +                   T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
28   SLU26         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X( 1.500)
 +                   T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
29   SLU27         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X(-1.500)
 +                   T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
30   SLU28         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X(-1.500)
 +                   T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
31   SLU29         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y( 1.500)
 +                   T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
32   SLU30         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y( 1.500)
 +                   T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
33   SLU31         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y(-1.500)
 +                   T+( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
34   SLU32         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y(-1.500)
 +                   T-( 0.900)
-------------------------------------------------------------------------------------------
35   SLU33         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X( 0.900)
 +                   T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
36   SLU34         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y( 0.900)
 +                   T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
37   SLU35         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X(-0.900)
 +                   T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
38   SLU36         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y(-0.900)
 +                   T+( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
39   SLU37         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X( 0.900)
 +                   T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
40   SLU38         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento Y( 0.900)
 +                   T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
41   SLU39         Inactive          Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 0.800) +             Vento X(-0.900)
 +                   T-( 1.500)
-------------------------------------------------------------------------------------------
42   RARA0         Active            Add
                     G1( 1.000) +                 G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                  Neve( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
43   RARA1         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento X( 0.600) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
44   RARA2         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento X( 0.600) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
45   RARA3         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento X(-0.600) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
46   RARA4         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento X(-0.600) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
47   RARA5         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento Y( 0.600) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
48   RARA6         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento Y( 0.600) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
49   RARA7         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento Y(-0.600) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
50   RARA8         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 1.000) +             Vento Y(-0.600) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
51   RARA9         Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento X( 1.000) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
52   RARA10        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento X( 1.000) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
53   RARA11        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento X(-1.000) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
54   RARA12        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento X(-1.000) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
55   RARA13        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento Y( 1.000) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
56   RARA14        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento Y( 1.000) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
57   RARA15        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento Y(-1.000) +                  T+( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
58   RARA16        Active            Add
                     G1( 1.000) +                  G2( 1.000) +                   Q( 1.000)
 +                 Neve( 0.500) +             Vento Y(-1.000) +                  T-( 0.600)
-------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
59   RARA17        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento X( 0.600) +               T+( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
60   RARA18        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento Y( 0.600) +               T+( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
61   RARA19        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento X(-0.600) +               T+( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
62   RARA20        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento Y(-0.600) +               T+( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
63   RARA21        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento X( 0.600) +               T-( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
64   RARA22        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento Y( 0.600) +               T-( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
65   RARA23        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento X(-0.600) +               T-( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
66   RARA24        Active            Add
                     G1( 1.000) +                G2( 1.000) +                  Q( 1.000)
 +                  Neve( 0.500) +            Vento Y(-0.600) +               T-( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
67   TH1           Active            Add
                       1( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
68   TH2           Active            Add
                       2( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
69   TH3           Active            Add
                       3( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
70   ENV SLU       Active            Envelope
                    SLU0( 1.000) +             SLU40( 1.000) +               SLU1( 1.000)
 +                  SLU2( 1.000) +              SLU3( 1.000) +               SLU4( 1.000)
 +                  SLU5( 1.000) +              SLU6( 1.000) +               SLU7( 1.000)
 +                  SLU8( 1.000) +              SLU9( 1.000) +              SLU10( 1.000)
 +                 SLU11( 1.000) +             SLU12( 1.000) +              SLU13( 1.000)
 +                 SLU14( 1.000) +             SLU15( 1.000) +              SLU16( 1.000)
 +                 SLU17( 1.000) +             SLU18( 1.000) +              SLU19( 1.000)
 +                 SLU20( 1.000) +             SLU21( 1.000) +              SLU22( 1.000)
 +                 SLU23( 1.000) +             SLU24( 1.000) +              SLU25( 1.000)
 +                 SLU26( 1.000) +             SLU27( 1.000) +              SLU28( 1.000)
 +                 SLU29( 1.000) +             SLU30( 1.000) +              SLU31( 1.000)
 +                 SLU32( 1.000) +             SLU33( 1.000) +              SLU34( 1.000)
 +                 SLU35( 1.000) +             SLU36( 1.000) +              SLU37( 1.000)
 +                 SLU38( 1.000) +             SLU39( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
71   ENV SLV TH    Active            Envelope
                     TH1( 1.000) +              TH2( 1.000) +                TH3( 1.000)
-------------------------------------------------------------------------------------------
```

6. LAYOUT STRUTTURALE E SISTEMA DI RESISTENZA LATERALE

Nella figura seguente sono indicate la posizione del giunto sismico e i controventi diagonali.

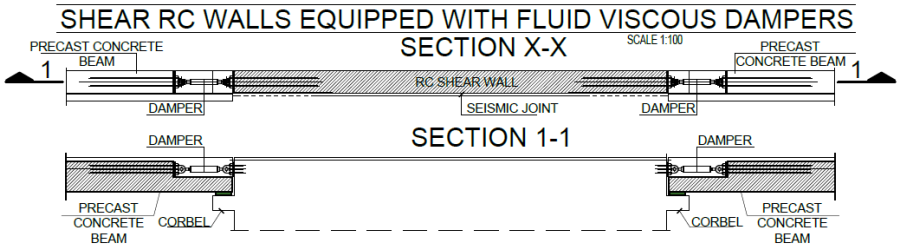


Giunti sismici e controventi diagonali

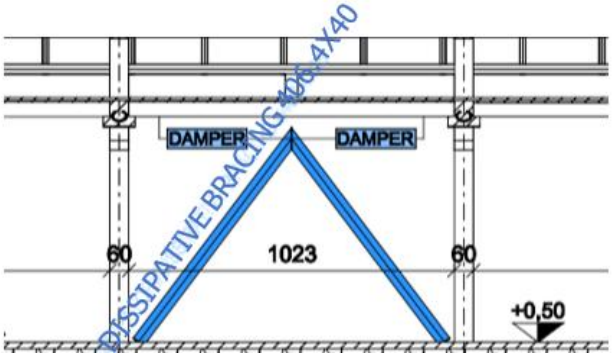
La struttura è composta da tre diverse unità strutturali: data hall, ufficio e gantry, che sono strutturalmente indipendenti e separate l'una dall'altra da giunti sismici.

Il sistema di resistenza ai carichi laterali è progettato per garantire un'adeguata rigidezza laterale, concentrando al contempo la dissipazione dell'energia nei dispositivi antisismici. Questo approccio assicura che l'intera struttura mantenga il proprio comportamento elastico anche in caso di forti eventi sismici.

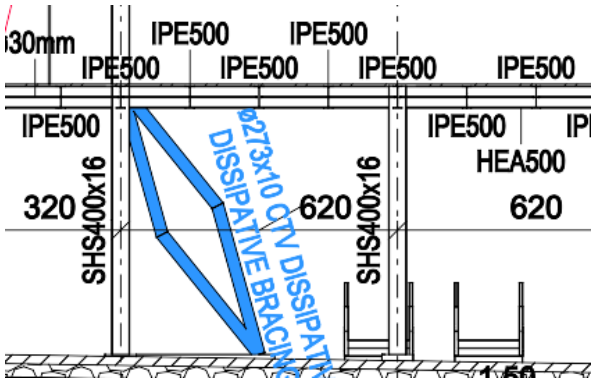
I tre moduli sono caratterizzati da diversi sistemi di controvento, ciascuno collegato alla struttura principale tramite dissipatori a fluido viscoso disposti in configurazioni specifiche. Nella data hall, il sistema comprende controvento a V in entrambe le direzioni, con ciascun controvento collegato tramite una coppia di dissipatori al punto mediano della trave sovrastante. Il gantry esterno è dotato di controventi a forbice, ciascuno dei quali presenta un singolo dispositivo antisismico lungo la diagonale minore. Per il blocco uffici, il sistema è costituito da due corpi strutturalmente separati collegati da dissipatori in entrambe le direzioni, che collegano il nucleo in c.a. antisismico alla struttura a telaio circostante.



Collegamento tipologico tra parete e solaio con dispositivi antisismici



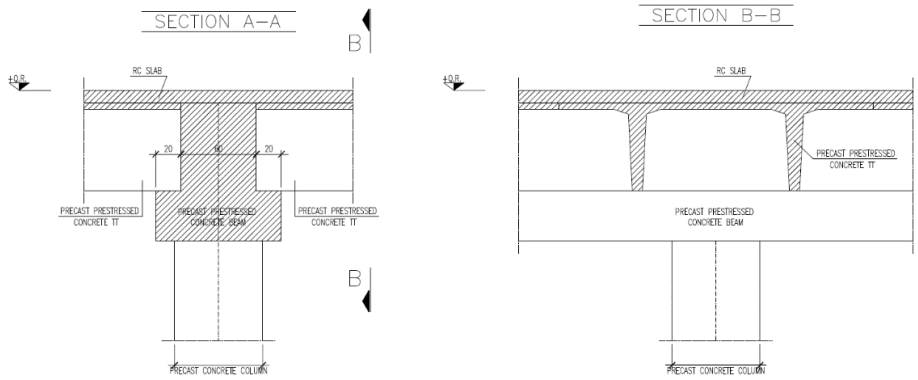
Controvento tipologico a V per la D H



Controvento tipologico a forbice per il Gantry esterno

Per la data hall e uffici, la soluzione consiste in:

- Colonne prefabbricate 60x60cm;
- Trave prefabbricata con sezione a T/L rovescia h=90 cm per il primo piano degli uffici;
- Trave TT prefabbricato h=60 cm per il primo piano del blocco uffici;
- Trave prefabbricata con sezione a T/L rovescia, h=80 cm, destinata alla copertura della data hall e uffici;
- Trave TT prefabbricato h=50 cm per la copertura della data hall e gli uffici;
- Soletta gettato in opera con spessore di 10 cm.
- Parete gettato in opera con spessore di 60 cm per il blocco uffici.



Soluzione prefabbricata per data hall/ufficio

Con riferimento al gantry di copertura, è stata fornita la seguente soluzione progettazione:

- Travi principali HD400x463;
- Travi secondarie HEA400;
- Controventi orizzontali ø30mm;
- Griglia metallica.

Con riferimento al Gantry esterno, è stata fornita la seguente soluzione progettuale:

- Colonne: SSH 400x16
- Travi principali del primo piano (e travi secondarie nelle campate BB-CC, II-JJ sul lato nord e GG-HH, NN-OO sul lato sud): HEA 500;
- Travi secondarie del primo piano: IPE 500;
- Travi principali del secondo piano: HEA 320;
- Travi secondarie del secondo piano: IPE 300;
- Controvento verticale: Ø273x10;
- Controvento orizzontale: Ø30.

7. REQUISITI STRUTTURALI PER MEP

In conformità con gli stati limite definiti nei capitoli precedenti, devono essere soddisfatti i seguenti requisiti minimi:
- Stabilità (resistenza) per un terremoto con un periodo di ritorno di 2475 anni.

Non è richiesto lo stato di operatività (FUN) degli impianti.

8. MODELLO GEOTECNICO

Di seguito la stratigrafia del terreno di fondazione tratta dalla relazione geologica.

Profondità (m)	γ (kN/m^3)	Φ (°)	N_{SPT}	D_r [%]	E [kPa]
da 0.0m a -5.5m	18.0	24	5	30	4700
da -5.5m a -8.5m	18.0	32	20	60	17000
da -8.5m a -11.0m	18.0	28	10-15	40	9100
oltre 11.0m	18.0	38	35	70	28000

Dove:

- γ peso specifico del terreno;
- Φ angolo di attrito;
- N_{SPT} numero di test di penetrazione standard;
- E modulo elastico.
- Dr densità relativa.

Il livello di progetto della falda è pari a -3,00 m dal piano di campagna.

Le indagini geofisiche condotte ai sensi del decreto ministeriale del 17 gennaio 2018 (N.T.C.) hanno determinato una categoria di sottosuolo C per l'area oggetto di indagine.

9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE DI CALCOLO

Le analisi sono state eseguite utilizzando il software FEM MIDAS GEN 2026, versione 1.1, distribuito da Harpaceas, Viale Richard 1 - 20143 Milano, numero di licenza CFENGEN0003594.

9.1. Affidabiltà dei risultati

L'affidabilità del software è stata verificata dal produttore mediante un confronto con casi di studio le cui soluzioni sono disponibili in letteratura; tali casi sono raccolti in un apposito manuale di convalida.

9.2. Valuazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato consente di modellare numericamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria di elementi finiti disponibile.
Le funzioni di autodiagnostica interne del software consentono di verificare che nel modello non vi siano errori di schematizzazione che potrebbero portare a risultati errati.
Le funzioni di interrogazione e visualizzazione del modello consentono di controllare la coerenza geometrica e le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.
La visualizzazione dei risultati delle analisi, quali sollecitazioni interne, spostamenti e reazioni vincolanti, consente un controllo immediato mediante confronto con i risultati ottenuti utilizzando schemi semplificati per i quali è nota la soluzione in forma chiusa.

10. CRITERI DI VALUTAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

10.1. Verifiche a pressoflessione allo SLU (c.a./ c.a.p)

Per le verifiche a flessione nelle combinazioni SLU, in ogni sezione il momento di resistenza di progetto deve essere maggiore o uguale al momento esterno di progetto relativo:

$$M_{Ed} (N_{Ed}) \leq M_{Rd} (N_{Ed})$$

dove:
M_{Ed} = momento sollecitante di progetto associato allo sforzo normale N_{Ed};
N_{Ed} = sforzo normale sollecitante di progetto;
M_{Rd} = momento resistente di progetto associato allo sforzo normale N_{Ed}.

Per le azioni sismiche si considera la resistenza elastica alla flessione (senza comportamento dissipativo).

10.2. Verifica a taglio (c.a.)

La resistenza al taglio è valutata secondo quanto stabilito dal Decreto Ministeriale del 2018 al paragrafo 4.1.2.3.5.2.
Per travi e pilastri:

$$V_{Rsd} = 0,9 \times d \times A_{sw} / s \times f_{yd} \times (ctg\alpha + ctg\theta) \times sen\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \times d \times b_w \, \alpha_c \times f'_{cd} \times (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

Il valore più basso tra i due definiti sopra è stato considerato come resistenza al taglio di progetto.

Per le pareti:

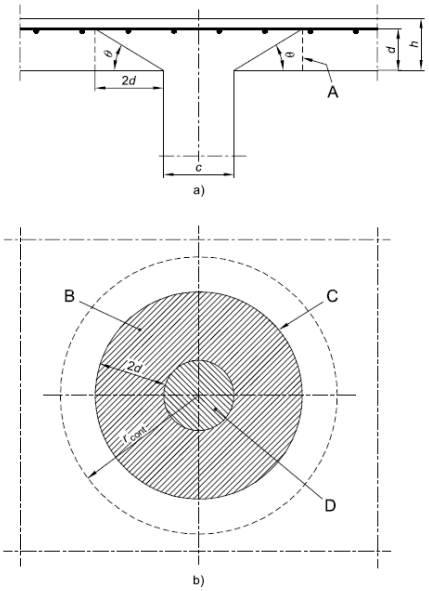
$$V_{Rsd} = 0,8 \times h \times A_{sw} / s \times f_{yd} \times (ctg\alpha + ctg\theta) \times sen\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,8 \times h \times b_w \, \alpha c \times f'_{cd} \times (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

Il valore più basso tra i due definiti sopra è stato considerato come resistenza al taglio di progetto.

10.3. Verifca a punzonamento

In base alla norma "UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 - Progettazione di strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici", vengono effettuate le verifiche richieste per il punzonamento.



Legenda:
a) Sezione
b) Pianta
A = Sezione di base per la verifica
B = Area verifica di base
C = Perimetro di verifica di base, u_1
D = Area di carico A_{carico}
Rcont = Perimetro di verifica aggiuntivo
θ = arctan (1/2) = 26.6°

Il metodo suggerito dall'Eurocodice 2 propone di verificare lo sforzo di taglio sulla superficie laterale del cilindro con un'altezza pari all'altezza d della soletta e un raggio pari a quello del pilastro aumentato di 2d. L'altezza d della soletta è la media delle altezze relative alle armature poste nelle due direzioni ortogonali.

Sono definiti i seguenti simboli:

- $v_{Rd,c}$: valore di progetto della resistenza al punzonamento di una soletta senza armatura di punzonamento, lungo la sezione di verifica considerate;
- $v_{Rd,sy}$: valore di progetto della resistenza al punzonamento di una soletta con armatura specifica per il punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,max}$: valore di progetto della resistenza massima al taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata (limite superiore K_{max} x $v_{Rd,C}$).

Occorre eseguire le seguenti verifiche:
a) lungo il perimetro del pilastro o dell'area caricata: $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$;

$v_{Rd,\,max}$ = min (0.4 x 0.5 x f_{cd}; K_{max} x $v_{Rd,c}$)

b) lungo il perimetro di verifica posto a distanza 2d dal pilastro o dall'area caricata: $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$.

Se la condizione b) non risulta soddisfatta si introduce un'apposita armatura a taglio-punzonamento.

La tensione di punzonamento può essere calcolata come:
$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u \times d)$

dove:
v_{Ed}: valore di calcolo della forza totale di taglio agente allo SLU;
u: perimetro della sezione oggetto di verifica;
β: coefficiente che considera la distribuzione non uniforme degli sforzi.
B: il coefficiente è pari a
β = 1,15 per le colonne interne;
β = 1,4 per le colonne laterali;
β = 1,5 per le colonne ad angolo.

La resistenza al punzonamento di progetto, per elementi senza armatura specifica, è calcolata come segue:
$v_{Rd,c} = C_{Rd,c}\, k\, (100\, \rho l\, f_{ck})1/3 \geq v_{min}$
dove:
$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$
$k = 1 + (200/d)0.5 \leq 2,0$
$\rho l = (\rho lx \times \rho ly)0.5 \leq 0,02$
$v_{min} = 0,035\, k3/2 \cdot f_{ck1}/2$
a = distanza dal contorno della colonna del perimetro di verifica considerato.

Sono definiti i seguenti simboli aggiuntivi, utili per comprendere se è necessario un rinforzo specifico per il punzonamento.

Lista dei Simboli

A_s	Area della sezione trasversale dell'armatura	n_{prov}	Numero di pioli foprniti in un binario
$A_{s.i}$	Area della sezione trasversale di un piolo	u_1	Lunghezza del Perimetro di Controllo di Base
$C_{Rk.c}$		$u_{out.prov}$	Lunghezza del perimetro di contgrollo fornita
$C_{Rk.max}$		$u_{out.req}$	Lunghezza minima richiesta del perimetro di controllo
$M_{Ed.y}$, $M_{Ed.x}$	Valori di progetto dei momenti flettenti nella colonna	v_{Min}	Tensione minima di resistenza a taglio
V_{Ed}	Valori di progetto dei caichi di punzonamento	v_{Ed}	Valori di progetto tella tensione di punzonamento
V_{dyn}	Parte dinamica dei carichi a punzonamento	$V_{Rd.c}$	Valore della resistenza di progetto senza armatura a punzonamento
ΔV	Forze di taglio al suolo	$V_{Rd.max}$	Valore massimo della resistenza di progetto senza armatura a punzonamento
$V_{Rd.sy}$	Valore della resistenza di progettodell'armatura a taglio	β	Fattore di incremento dei carichi
$W_{1.x}$, $W_{1.y}$	Acc.to EN 1992-1-1(6.40)	βred	Fattore di incremento dei carichi
c_x, c_y	Distanza tra le barre	γ_c	Fattore parziale del Calcestruzzo
d_x, d_y	Distanza tra le barre	γ_s	Fattore parziale per le barre d'armatura
f		ρ_x, ρ_y	Percentuale d'armatura a flessione
f_{ck}	Resistenza a Compressione Cilindrica del calcestruzzo	ρl	Percentuale d'armatura media
f_{cd}	Valore di progetto della Resistenza a compressione del calcestruzzo	$\Delta\sigma_s$	Valore di progetto della resistenza a fatica
f_{yk}	Resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio	$\Delta\sigma_{Rs.d}$	Valori di progetto dell'ampiezza tensionale
f_{yd}	Resistenza a snervamento di progetto dell'armatura a flessione	η	Fattore che tiene in considerazione lo spessore della lastra di solaio
g_d	Pressione del suolo		
k_d	Fattore		
$k_{d.max}$	Fattore		
$l_{s.req}$	Lunghezza minima richiesta degli elementi d'armatura		
$l_{s.prov}$	Lunghezza degli elementi di armatura forniti		
m_c	Numero degli elementi d-armatura		

10.4. Verifiche SLE tensioni e fessurazioni

Verifiche di tensione in combinazione caratteristica:

$\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$

$\sigma_s < 0.80\ f_{yk}$

Verifiche di tensione in combinazione quasi permanente:

$\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Per quanto riguarda i controlli di fessurazione, considerando le normali condizioni ambientali delle strutture in questione, si ottengono i seguenti limiti.

Apertura massima di fessurazione in combinazione frequente
Apertura della fessura < w3 = 0.4 mm

Apertura massima di fessurazione in combinazione quasi permanente
Apertura della fessura < w2 = 0.3 mm

Ove necessario, per la verifica dell'apertura di fessurazione è stato adottato il metodo di calcolo indiretto secondo le seguenti tabelle.

Tabella C4.1.II *Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
σ_S [MPa]	w_3 = 0,4 mm	w_2 = 0,3 mm	w_1 = 0,2 mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C4.1.III *-Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
σ_s [MPa]	w_3 = 0,4 mm	w_2 = 0,3 mm	w_1 = 0,2 mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

10.5. Verifica elementi in acciaio

Per la verifica degli elementi in acciaio in relazione allo SLE (spostamenti verticali e laterali) e allo SLU (resistenza e stabilità) si è fatto riferimento al paragrafo 4.2 della NTC18.

10.6. Verifche geotecniche

Le verifiche sono state effettuate, in conformità ai paragrafi 6.4.2 e 7.11.5.3.1 del NTC18 (combinazione A1+M1+R3), in relazione al cedimento dovuto al carico limite del terreno e al cedimento dovuto allo scorrimento, ipotizzando i seguenti valori dei coefficienti parziali: 2,3 per il carico limite del terreno e 1,1 per lo scorrimento. Viene inoltre valutata la compatibilità dei cedimenti SLE con la destinazione d'uso dell'opera.

10.7. Verifica dei sistemi di controvento dissipativi

Ai sensi del paragrafo C7.10.1 della circolare n. 7/2019, la progettazione e la verifica degli impianti dotati di dispositivi antisismici vengono effettuate in conformità alle disposizioni relative alle costruzioni ordinarie, a condizione che nelle analisi si tenga debitamente conto del comportamento dei dispositivi antisismici.

Pertanto, nel caso in questione, in conformità con le indicazioni fornite al paragrafo 7.5.5 del NTC18, è necessario che:

$$N_{Ed} / N_{b,Rdp}(M_{Ed}) \leq 1.0,$$

dove N_{Ed} e M_{Ed} vengono calcolati utilizzando le seguenti espressioni:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \times \gamma_v \times \Omega \times N_{Ed,E}$$
$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1.1 \times \gamma_v \times \Omega \times M_{Ed,E}$$

Essendo:
- $N_{Ed,G}$ and $M_{Ed,G}$ le sollecitazioni assiali e di flessione dovute ad azioni non sismiche;
- $N_{Ed,E}$ and $M_{Ed,E}$ le sollecitazioni assiali e di flessione dovute alle azioni sismiche;
- Ω è pari a 1 (le «zone dissipative» sono costituite dai dispositivi);
- $\gamma_v = (1+t_d) \times 1.5^{a} = (1+0.15) \times 1.5^{0.15} = 1.22$ (fattore di affidabilità, par. 11.9.6 NTC18).

Nel caso in esame, le forze derivanti da azioni non sismiche sono trascurabili e pertanto il valore complessivo delle forze sismiche viene moltiplicato, ai fini della verifica dei collegamenti e dei profili in acciaio, per il fattore 1,1 × 1,22 = 1,34.

11. MODELLAZIONE STRUTTURALE

L'analisi strutturale è stata effettuata utilizzando il metodo degli elementi finiti, creando un modello tridimensionale realizzato con il software MIDAS GEN 2026, V 1.1.

La modellizzazione è stata realizzata mediante l'impiego di:

- elementi beam, per le colonne;
- elementi bidimensionali di tipo "wall", per la modellazione delle pareti;
- general link per la modellazione del comportamento lineare/non lineare dei dissipatori;
- truss/tension elements only, per la simulazione dei controventi.

Le colonne e le pareti sono state fissate (condizioni al contorno esterne) all'estradosso della fondazione.

Tutti gli elementi prefabbricati sono collegati internamente tra loro tramite una cerniera.

Sono state eseguite analisi statiche lineari, dinamiche lineari e dinamiche non lineari con integrazione passo-passo degli accelerogrammi.

Si precisa che, dato il comportamento fortemente non lineare dei dissipatori viscoelastici previsti, l'analisi sismica di riferimento è l'analisi dinamica non lineare.

Tuttavia, l'analisi dinamica lineare è utile per valutare il comportamento strutturale complessivo e per il dimensionamento preliminare del sistema dissipativo.

Considerata la sensibilità della struttura della data hall agli effetti di secondo ordine, è stata effettuata un'analisi P-Delta non lineare sotto carichi statici. Per quanto riguarda l'azione sismica, è stata eseguita un'analisi cronologica tenendo conto di spostamenti di grande entità.

Per quanto riguarda gli spazi adibiti a uffici, dato che gli effetti di secondo ordine sono inferiori al 10% degli effetti di primo ordine, le non linearità geometriche sono state trascurate.

11.1. Analisi dinamica lineare

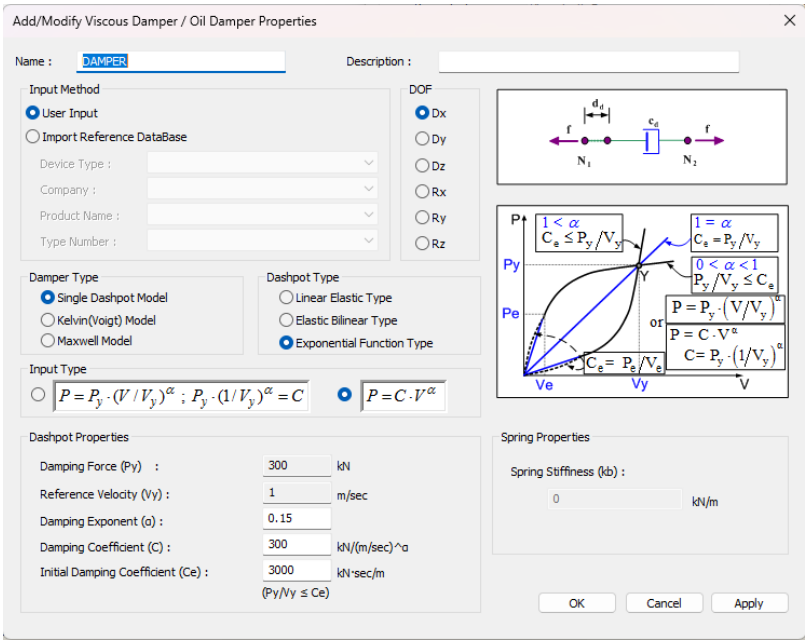
L'analisi dinamica lineare è stata effettuata mediante analisi modale (considerando un numero di modi tale da attivare almeno l'85% della massa totale) e spettro di risposta, utilizzando la regola CQC per la combinazione degli effetti modali. Per la combinazione degli effetti sismici nelle due direzioni è stata utilizzata la regola 100+30.

11.2. Analisi dinamica non lineare (NLTH)

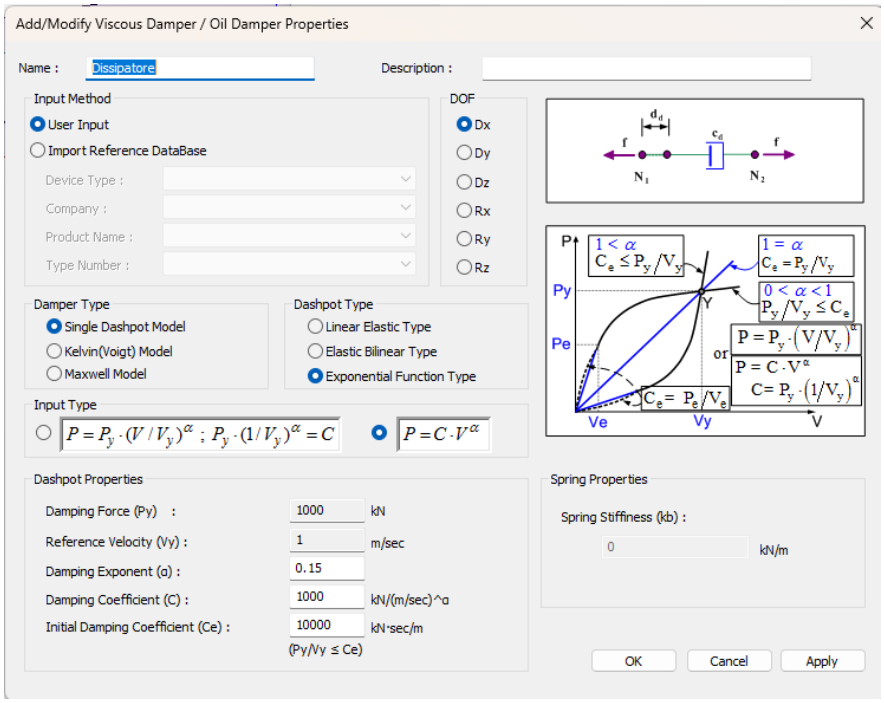
L'analisi dinamica non lineare è stata effettuata mediante integrazione passo-passo delle equazioni di equilibrio dinamico, tenendo conto della non linearità strutturale attraverso modelli di plasticità distribuita (modello a fibre) per data hall/uffici con elementi in c.a.
L'obiettivo principale è anche quello di simulare con maggiore precisione il comportamento di fessurazione delle sezioni in c.a. senza applicare alcun fattore di riduzione empirico, poiché tale fenomeno influenza in modo significativo la risposta dei dispositivi di protezione sismica.
Il passo temporale di integrazione è stato fissato a 0,01 s. Il metodo di integrazione adottato per risolvere le equazioni di equilibrio è il metodo dell'accelerazione costante.
Poiché l'analisi è non lineare, ogni moto del time history del terreno è stato applicato dopo aver precaricato la struttura con i carichi verticali inclusi nella combinazione di carico sismico.
Le componenti direzionali del time history sono state applicate simultaneamente nelle due direzioni orizzontali.
Poiché il gantry esterno è una struttura puramente in acciaio, è meno sensibile agli effetti di non linearità dei materiali. Pertanto, per la sua analisi è stata adottata un'analisi dinamica lineare.

11.3. Modellazione dispositive di dissipazione

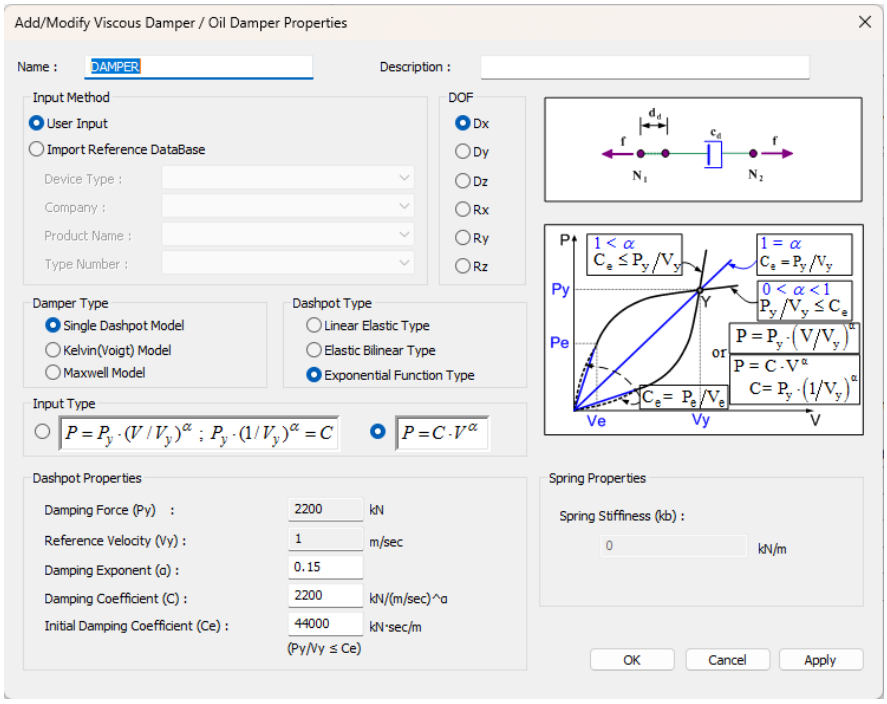
Di seguito sono riportati i parametri di modellizzazione lineare/non lineare dei dissipatori a fluido viscoso (FVD).



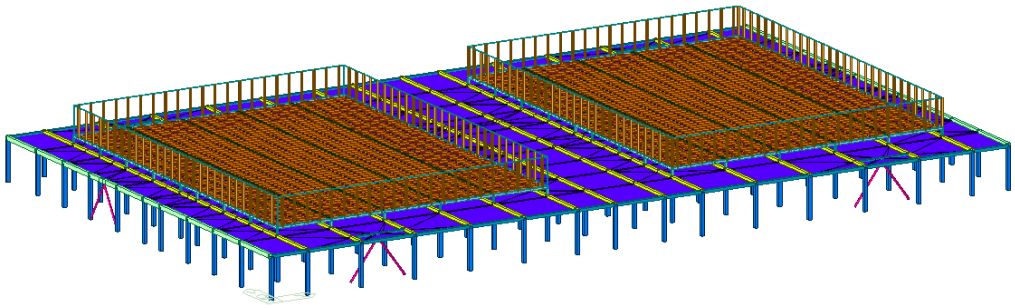
Dissipatore FVD (gantry) - Analisi dinamica non lineare



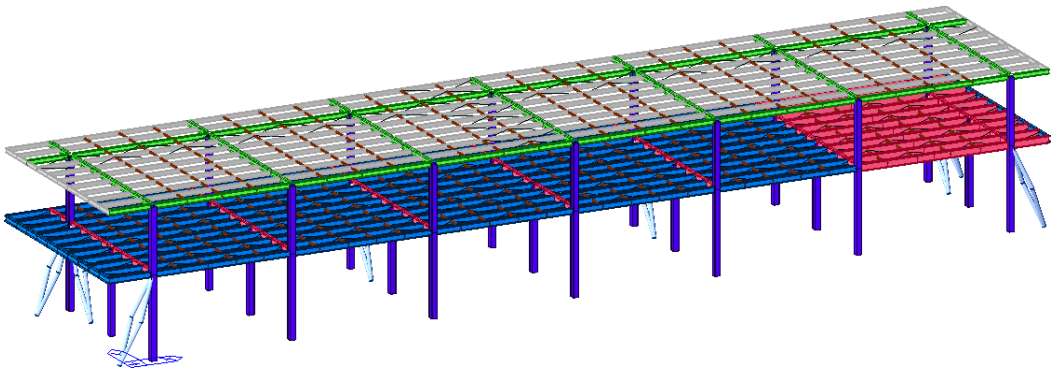
Dissipatore FVD (uffici) - Analisi dinamica non lineare



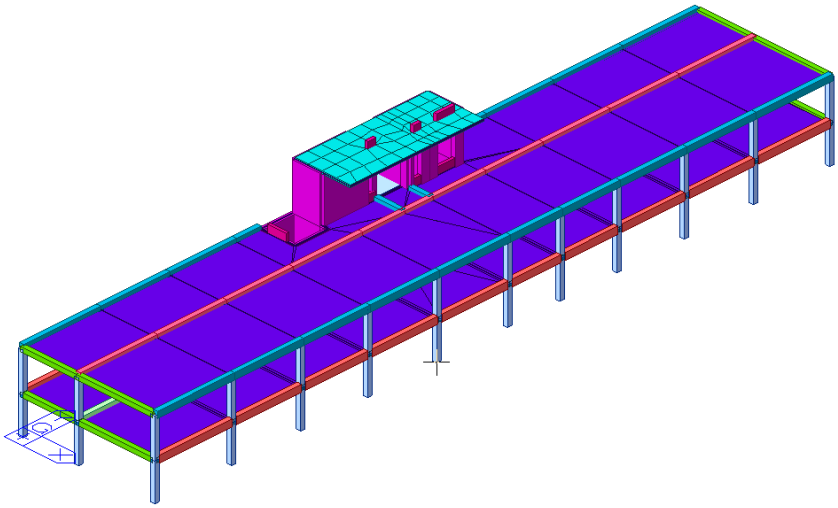
Dissipatore FVD (data hall) - Analisi dinamica non lineare



Modello FEM– data hall



Modello FEM – gantry esterno



Modello FEM - uffici

11.4. Modellazione dissipatori

Per quanto riguarda l'analisi non lineare del time history, lo smorzamento non lineare fornito dai dispositivi è stato preso in considerazione modellando il loro comportamento costitutivo (vedasi paragrafo precedente). Per considerare lo smorzamento viscoso lineare equivalente della struttura nuda, è stata definita una matrice di smorzamento di Rayleigh (paragrafo C7.10.5.3.2, circolare NTC18):

$$C = \alpha M + \beta K$$

$$\alpha = 4\,\pi\,(\xi_2 T_2 - \xi_1 T_1) / (T_2^2 - T_1^2)$$

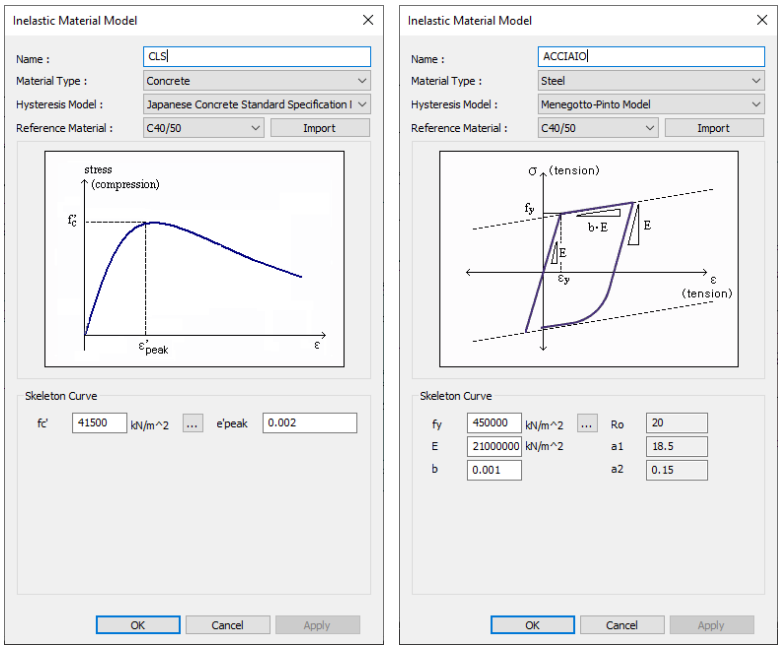
$$\beta = [(T_1\,T_2) / \pi]\,[(\xi_1 T_2 - \xi_2 T_1) / (T_2^2 - T_1^2)]$$

dove:

- C è la matrice di smorzamento;
- M e K sono rispettivamente le matrici di massa e di rigidità della struttura;
- α e β sono due costanti definite a partire da due valori noti di smorzamento modale;
- T1 e T2 definiscono l'intervallo di periodo durante il quale lo smorzamento dovrebbe corrispondere approssimativamente a un valore target (T1 = 0,9T e T2 = 0,2T, dove T è il periodo fondamentale, $\xi_1 = \xi_2 = \xi = 0.05$).

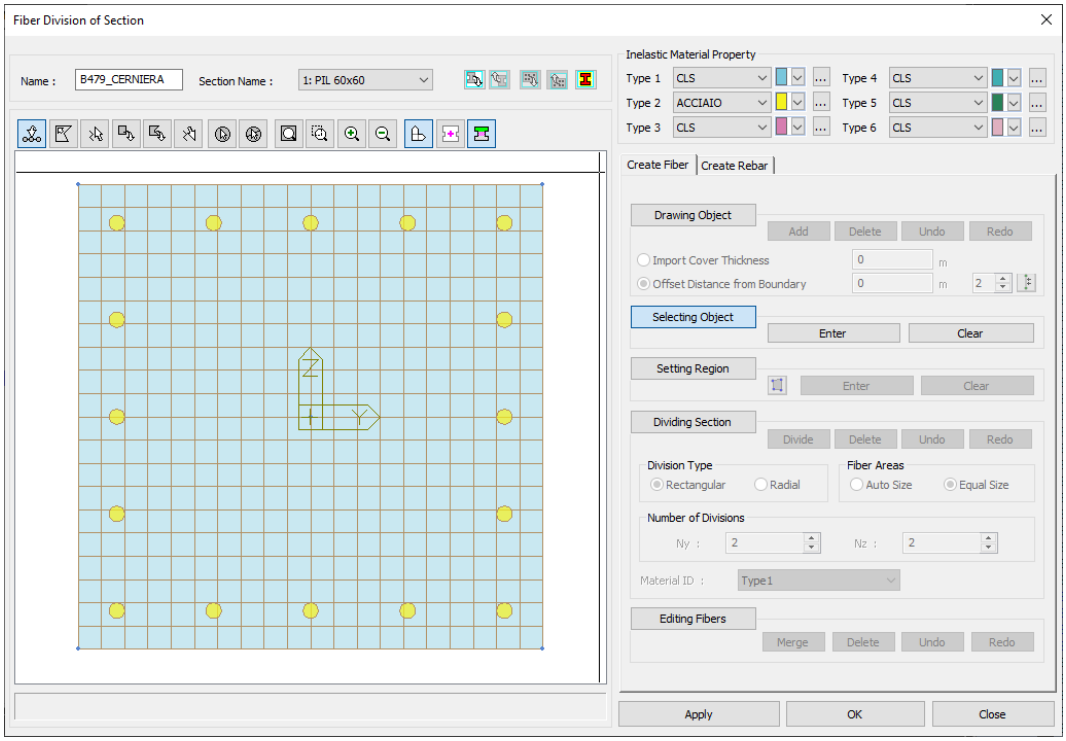
11.5. Modellazione della non linearità di materiale

Per simulare accuratamente la fessurazione delle strutture in c.a, le sezioni trasversali sono state discretizzate in fibre con comportamento ciclico uniassiale regolato dalle seguenti leggi costitutive.



Calcestruzzo e acciaio

Di seguito è illustrata la discretizzazione delle fibre di una sezione tipica. L'integrazione della risposta lungo ciascun elemento di trave finito viene effettuata in tre punti (alle estremità e a metà campata).



Discretizzazione delle fibre di una colonna di 60×60 cm

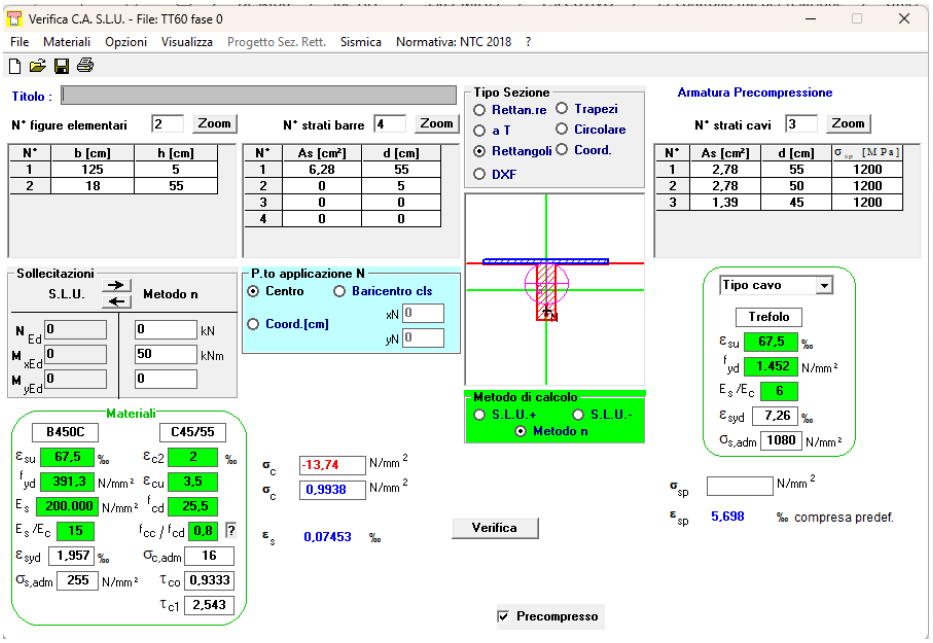
12. PROGETTAZIONE DI ELEMENTI PREFABBRICATI

Di seguito vengono presentati le verifiche per gli elementi tipologici sottoposti alle sollecitazioni più intense. Per tutti gli elementi vengono utilizzati trefoli da 0,6" (sezione trasversale di 139 mm²). La tensione di precompressione iniziale applicata ai trefoli (par. 4.1.8.1.5, NTC18) è σ_{spi} = 1400 MPa. Tutti gli elementi prefabbricati sono travi semplicemente appoggiate.

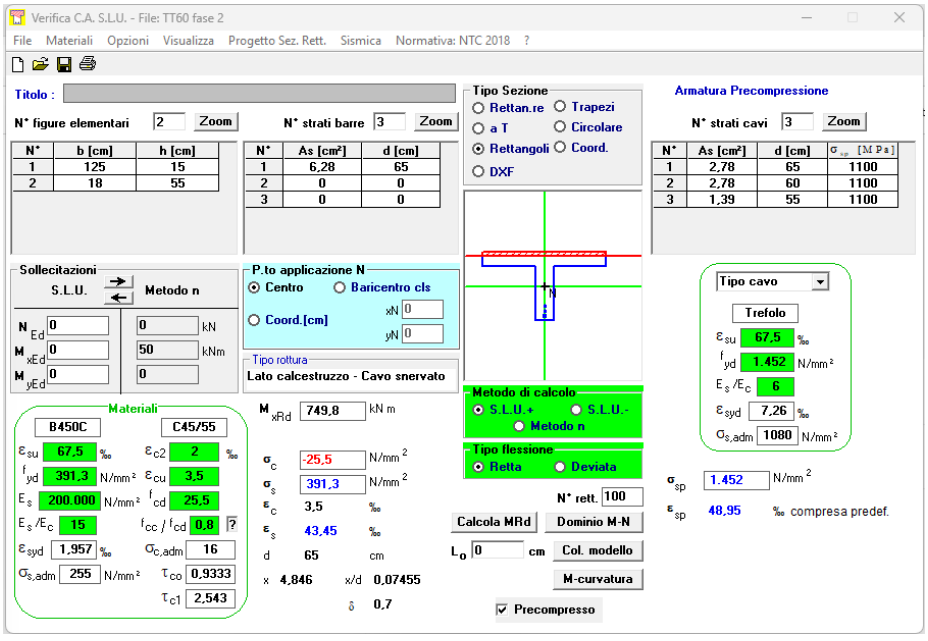
Per tutte le travi e gli elementi TT60 (blocco uffici, primo piano), risultati:

MIL 09			
Tegoli P1 ADMIN BLOCK			
	L TT 60	9.8	m
	LTT calc.	9.6	m
	i	1.25	m
FASE 1	q	3.7	kN/m
	Med	42.6	kNm
FASE 2	q	48	kN/m
	Med	555	kNm
	Ved	231	kN
	Mrd	750	kNm
	Vrd	456	kN
	FS (Mrd/Med)	1.35	-
	FS (Vrd/Ved)	1.98	-
	Sezione T h=90cm		
	Sezione T	9.88	m
	LT calc.	9.68	m
FASE 1	pp trave	16.5	kN/m
	Med	193.3	kNm
FASE 2	q	363	kN/m
	Med	4252	kNm
	Ved	1757	kN
	Mrd	5390	kNm
	Vrd	2407	kN
	FS (Mrd/Med)	1.27	
	FS (Vrd/Ved)	1.37	

TT60



Tensioni del calcestruzzo al trasferimento della forza di precompressione
(f_{ckj} = 35 MPa, $\sigma_c \leq 0.6 \times f_{ckj}$ = 21.0 MPa, $\sigma_t \leq f_{ctmj}$ = 3.8 MPa)



Verifica a flessione allo SLU

C45/55

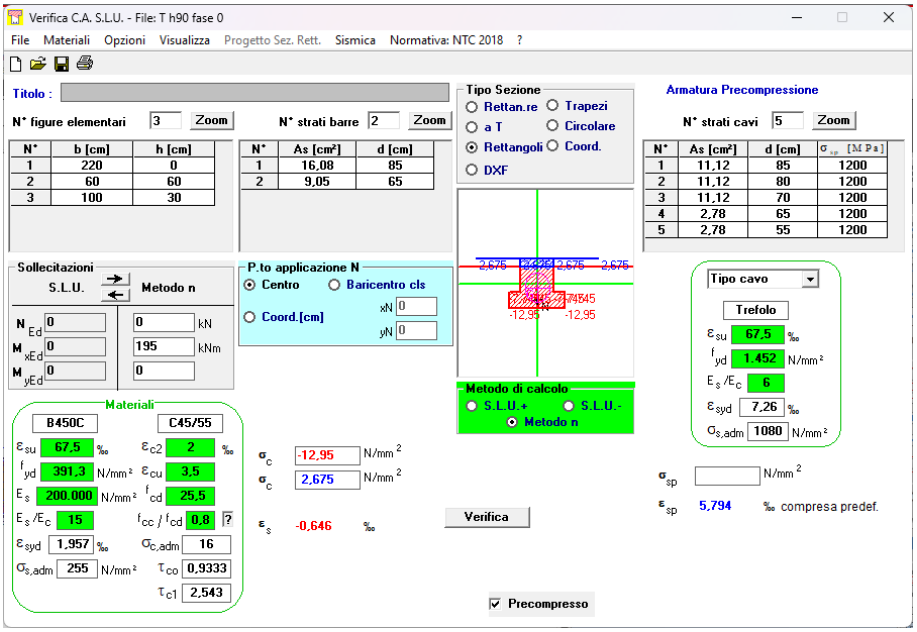
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
180	700	40	660	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	10	2
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
157.08	0.00		2.56	2.50
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
180	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
231	456.38		476.87	
VERIFICATO				

Verifica a taglio allo SLU

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

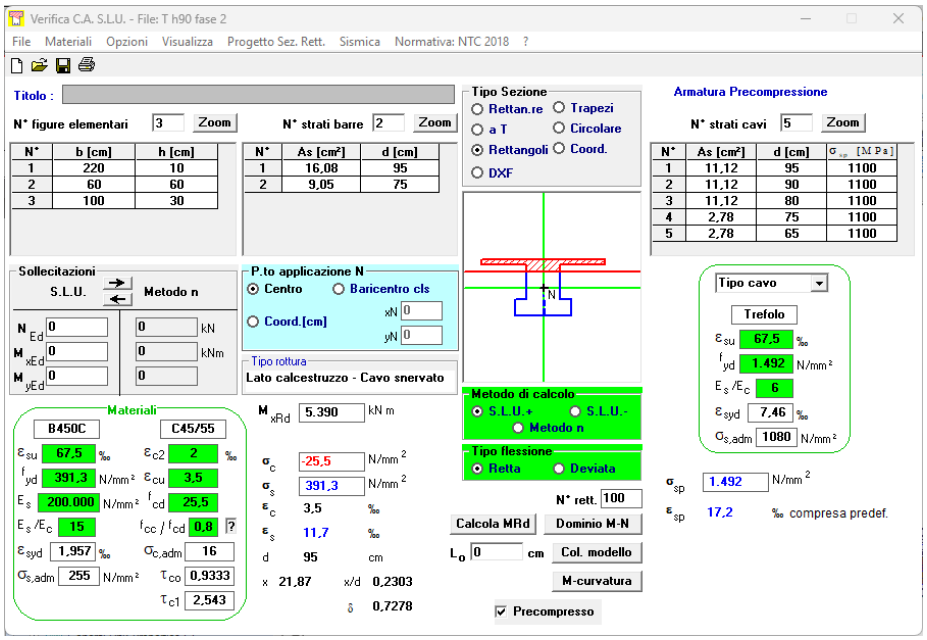
Trave a T rovescia (piano primo uffici)

Per travi a T rovescia, risultati:



Tensioni del calcestruzzo al trasferimento della forza di precompressione

(f_{ckj} = 35 MPa, $\sigma_c \leq 0.6 \times f_{ckj}$ = 27.0 MPa, $\sigma_t \leq f_{ctmj}$ = 3.8 MPa)



Verifica a flessione allo SLU

C45/55

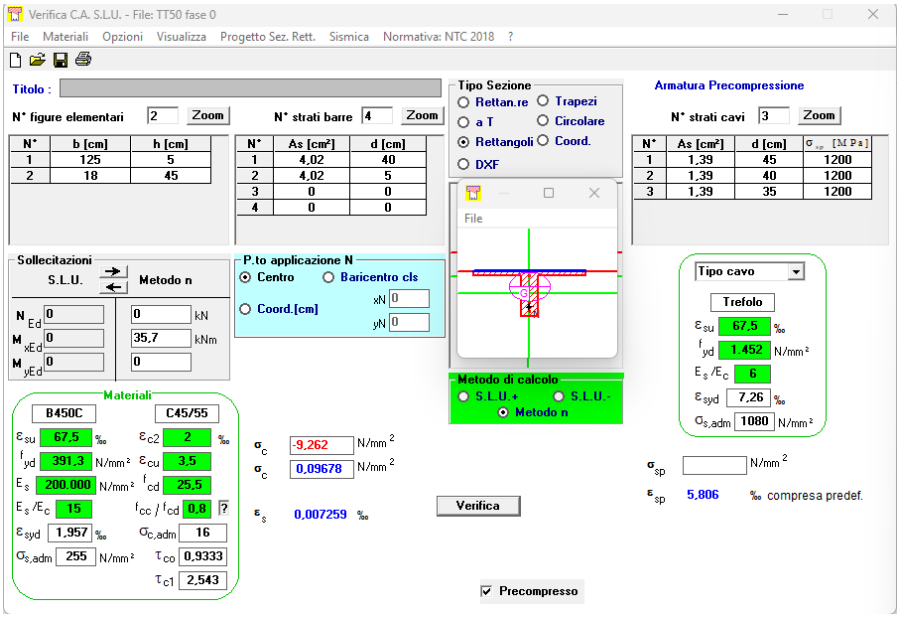
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
600	1000	40	960	150
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	12	4
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
452.39	0.00		2.36	2.36
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
600	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
1757	2407.72		2407.72	
VERIFICATO				

Verifica a taglio allo SLU

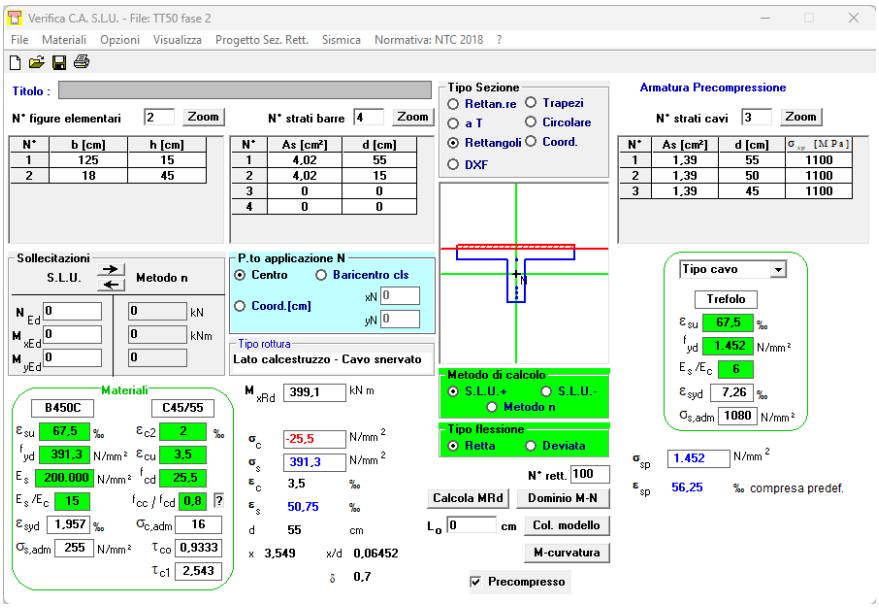
Per le travi e gli elementi TT50 (Data Hall e blocco uffici, 2° piano), risultati:

MIL 09			
Tegoli Copertura DATA HALL/ Uffici			
	L TT 50	9.8	m
	LTT calc.	9.6	m
	i	1.25	m
FASE 1	q	3.1	kN/m
	Med	35.7	kNm
FASE 2	q	22	kN/m
	Med	256	kNm
	Ved	107	kN
	Mrd	399	kNm
	Vrd	387.2	kN
	FS (Mrd/Med)	1.56	-
	FS (Vrd/Ved)	3.63	-
	Sezione T h=80cm		
	Sezione T	9.88	m
	LT calc.	9.68	m
FASE 1	pp trave	15	kN/m
	Med	175.7	kNm
FASE 2	q	207.7	kN/m
	Med	2433	kNm
	Ved	1005	kN
	Mrd	3377	kNm
	Vrd	2407	kN
	FS (Mrd/Med)	1.39	
	FS (Vrd/Ved)	2.39	

TT50



Tensioni del calcestruzzo al trasferimento della forza di precompressione
(f_{ckj} = 35 MPa, $\sigma_c \leq 0.6 \times f_{ckj}$ = 21.0 MPa, $\sigma_t \leq f_{ctmj}$ = 3.8 MPa)



Verifica a flessione allo SLU

C45/55

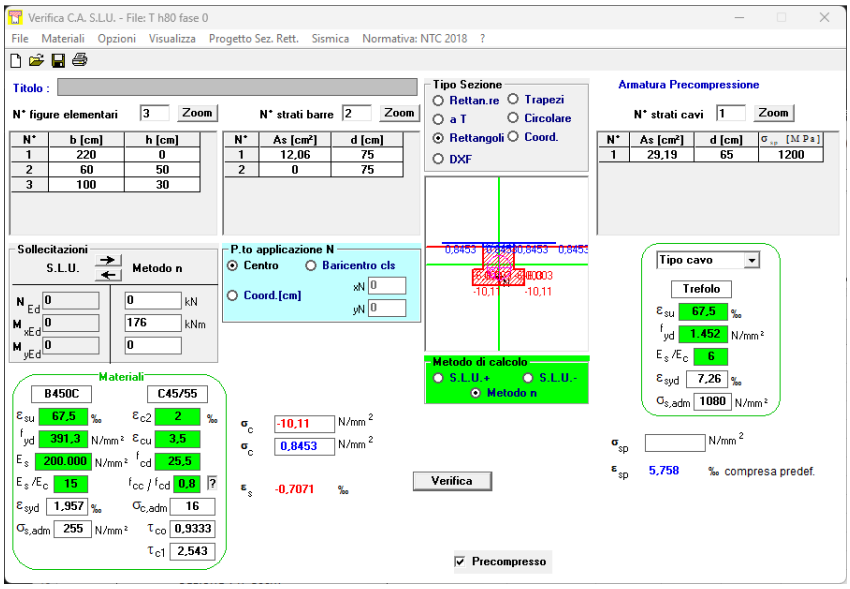
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
180	600	40	560	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	10	2
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
157.08	0.00		2.56	2.50
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
180	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
114	387.24		404.62	
VERIFICATO				

Verifica a taglio allo SLU

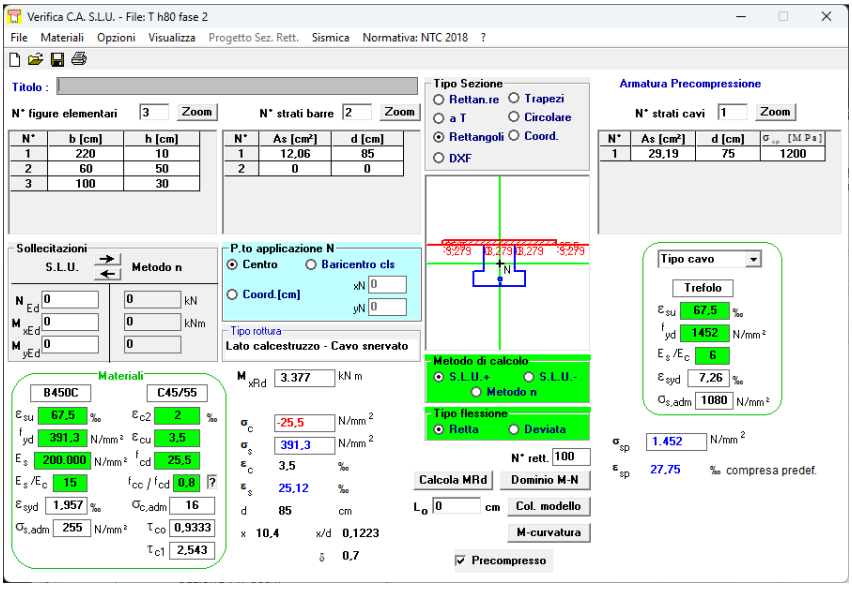
Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Trave a T rovescia (copertura)

Con riferimento alla precedente carpenteria della copertura, per la trave a T rovescia, risulta:



Tensioni del calcestruzzo al trasferimento della forza di precompressione
(f_{ckj} = 35 MPa, $\sigma_c \leq 0.6 \times f_{ckj}$ = 21.0 MPa, $\sigma_t \leq f_{ctmj}$ = 3.8 MPa)



Verifica a flessione allo SLU

C45/55

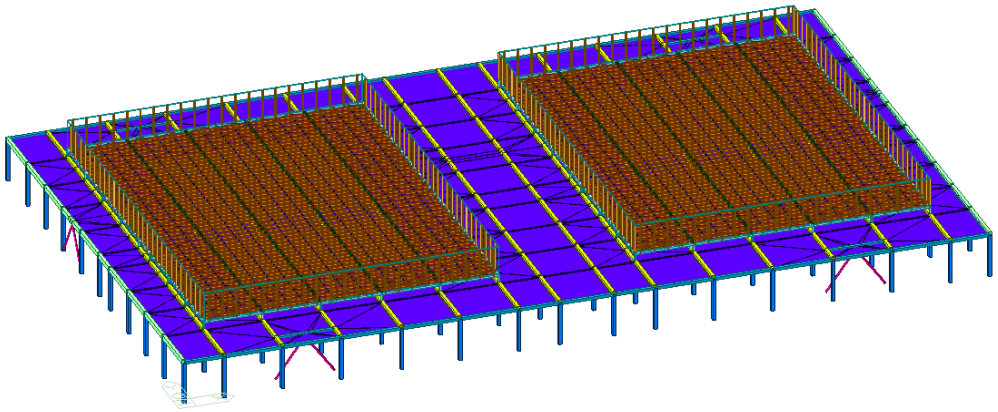
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
600	900	40	860	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	10	4
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	$cotg\theta_{(VRsd=VRcd)}$	cotgθ
314.16	0.00		3.41	2.50
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
600	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
1005	1189.37		2071.25	
VERIFICATO				

Verifica a taglio allo SLU

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

13. DATA HALL

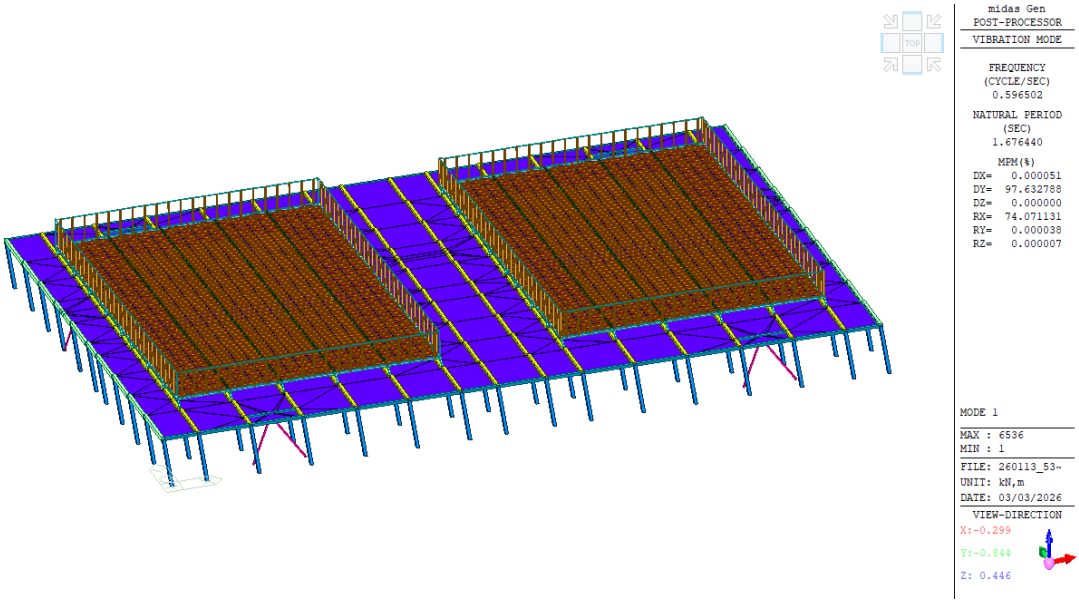
Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in termini di forme modali, inviluppo delle forze interne, spostamenti, cicli di isteresi dei dispositivi e verifiche strutturali.



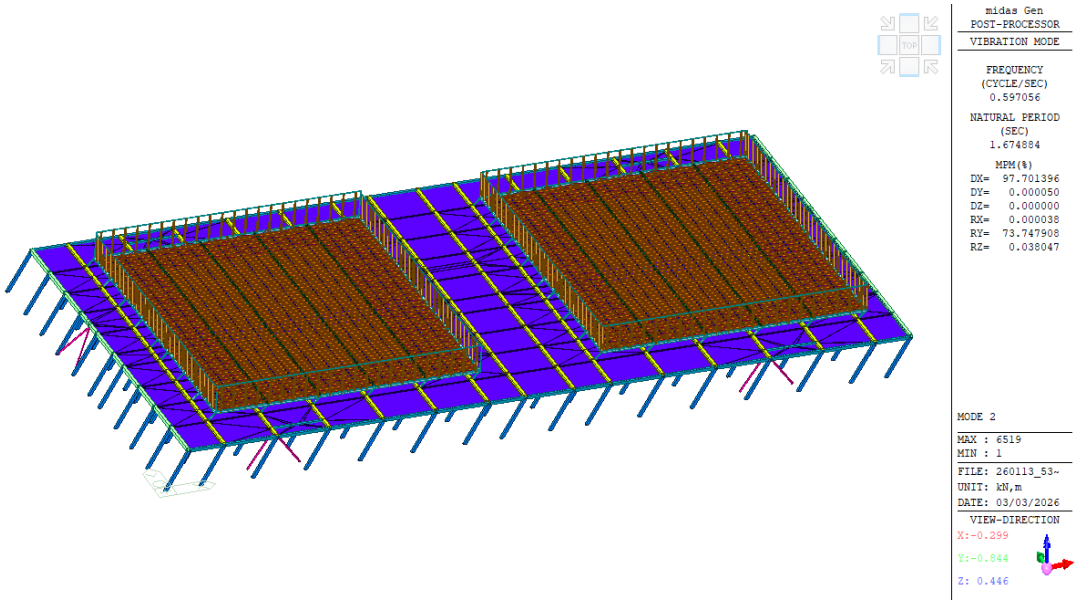
13.1. Analisi modale

Node	Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency				Period		Tolerance					
		(rad/sec)		(cycle/sec)		(sec)							
	1	3.7479		0.5965		1.6764		0.0000e+00					
	2	3.7514		0.5971		1.6749		0.0000e+00					
	3	4.0498		0.6445		1.5515		0.0000e+00					
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.0001	0.0001	97.6328	97.6328	0.0000	0.0000	74.0711	74.0711	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	97.7014	97.7014	0.0000	97.6328	0.0000	0.0000	0.0000	74.0712	73.7479	73.7479	0.0380	0.0381
	3	0.0386	97.7400	0.0000	97.6328	0.0000	0.0000	0.0000	74.0712	0.0288	73.7768	97.6669	97.7049

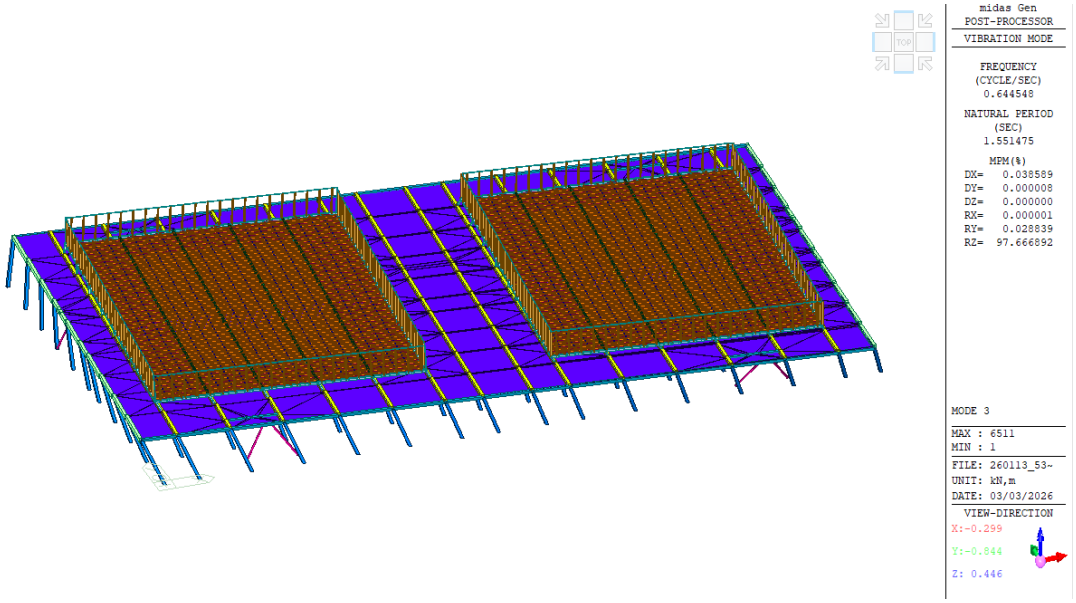
Massa sismica, periodi di vibrazione e masse partecipanti


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.596502
NATURAL PERIOD
(SEC)
1.676440
MPM(%)
DX= 0.000051
DY= 97.632788
DZ= 0.000000
RX= 74.071131
RY= 0.000038
RZ= 0.000007
MODE 1
MAX : 6536
MIN : 1
FILE: 260113_53~
UNIT: kN,m
DATE: 03/03/2026
VIEW-DIRECTION
X:-0.299
Y:-0.844
Z: 0.446

Modo 1


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.597056
NATURAL PERIOD
(SEC)
1.674884
MPM(%)
DX= 97.701396
DY= 0.000050
DZ= 0.000000
RX= 0.000038
RY= 73.747908
RZ= 0.038047
MODE 2
MAX : 6519
MIN : 1
FILE: 260113_53~
UNIT: kN,m
DATE: 03/03/2026
VIEW-DIRECTION
X:-0.299
Y:-0.844
Z: 0.446

Modo 2


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.644548
NATURAL PERIOD
(SEC)
1.551475
MPM(%)
DX= 0.038589
DY= 0.000008
DZ= 0.000000
RX= 0.000001
RY= 0.028839
RZ= 97.666892
MODE 3
MAX : 6511
MIN : 1
FILE: 260113_53~
UNIT: kN,m
DATE: 03/03/2026
VIEW-DIRECTION
X:-0.299
Y:-0.844
Z: 0.446

Modo 3

13.2. Effetti del secondo ordine

Al fine di valutare la sensibilità della struttura agli effetti di secondo ordine, si è fatto riferimento al paragrafo 7.3.1 del NTC2018.

In particolare, per le costruzioni civili e industriali, le non linearità geometriche possono essere trascurate se:

$$\theta = [P * d_{Er}] / [V * h] \leq 0.1$$

dove:

- - P è il carico verticale totale che agisce sul piano in questione e sulla struttura sovrastante;
- - d_{Er} è lo spostamento orizzontale medio tra i piani, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale del solaio considerato e lo spostamento orizzontale del solaio immediatamente sottostante;
- - V è la forza orizzontale totale che agisce sul solaio;
- - h è la distanza tra il solaio in questione e quello immediatamente sottostante.

Le tabelle seguenti riportano i valori del coefficiente di stabilità per ciascun piano e nelle due direzioni principali dell'edificio. La valutazione è effettuata con riferimento all'analisi dinamica lineare con spettro di progetto elastico.

	Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
	q=1, Ie=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!											
▶	SX	X(RS)	3F	5.50	393.5590	35.0156	0.0035	1.0000	0.0072	0.3000	OK	1.0000
	SX	X(RS)	2F	1.75	27597.0494	4406.1175	0.0306	1.0000	0.1095	0.3000	P-Delta Increm	1.1230
	SX	X(RS)	1F	7.96	122799.6935	15032.0822	0.0803	1.0000	0.0825	0.3000	OK	1.0000
	Base	X(RS)	3F	5.50	404.9905	35.4550	0.0019	1.0000	0.0039	0.3000	OK	1.0000
	Base	X(RS)	2F	1.75	27608.4773	4407.4981	0.0306	1.0000	0.1095	0.3000	P-Delta Increm	1.1230
	Base	X(RS)	1F	7.96	122811.1214	15031.6345	0.0803	1.0000	0.0825	0.3000	OK	1.0000

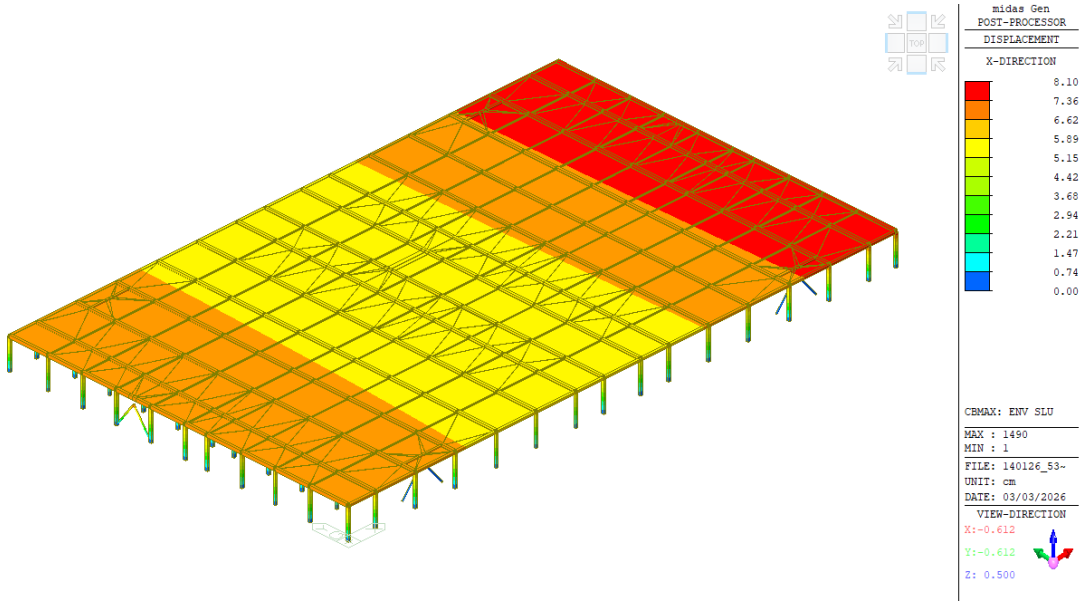
Direzione X

	Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
	q=1, Ie=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!											
▶	SX	Y(RS)	3F	5.50	393.5590	35.1286	0.0046	1.0000	0.0093	0.3000	OK	1.0000
	SX	Y(RS)	2F	1.75	27597.0494	4419.7867	0.0304	1.0000	0.1086	0.3000	P-Delta Increm	1.1218
	SX	Y(RS)	1F	7.96	122799.6935	15001.7070	0.0801	1.0000	0.0824	0.3000	OK	1.0000
	Base	Y(RS)	3F	5.50	404.9905	36.0740	0.0045	1.0000	0.0092	0.3000	OK	1.0000
	Base	Y(RS)	2F	1.75	27608.4773	4422.2265	0.0304	1.0000	0.1086	0.3000	P-Delta Increm	1.1218
	Base	Y(RS)	1F	7.96	122811.1214	15005.0232	0.0802	1.0000	0.0824	0.3000	OK	1.0000

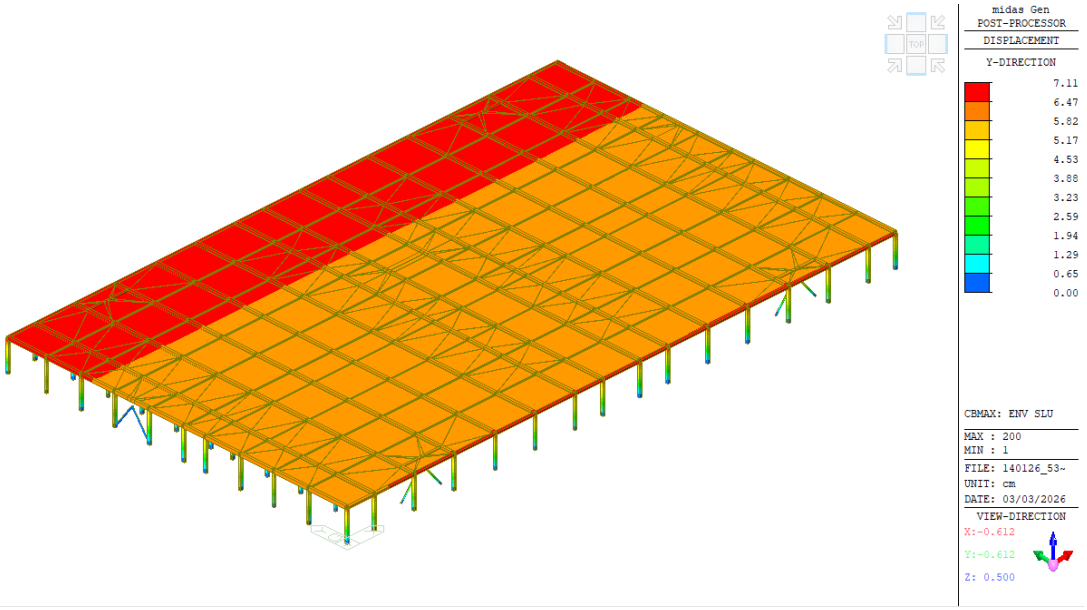
Direzione Y

Poiché il coefficiente di stabilità è superiore a 0,1, sono stati considerati gli effetti di secondo ordine sia per i carichi statici (analisi P-Delta non lineare) che per i carichi sismici (analisi cronologica con P-Delta).

13.3. Spostamenti SLU

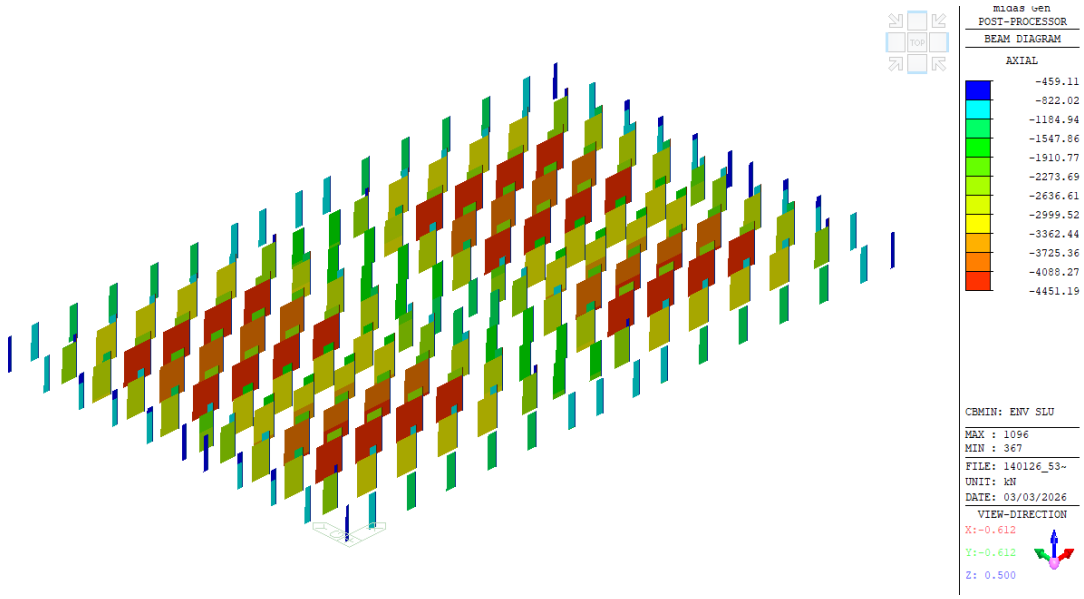


Spostamento inviluppo in direzione X – SLU

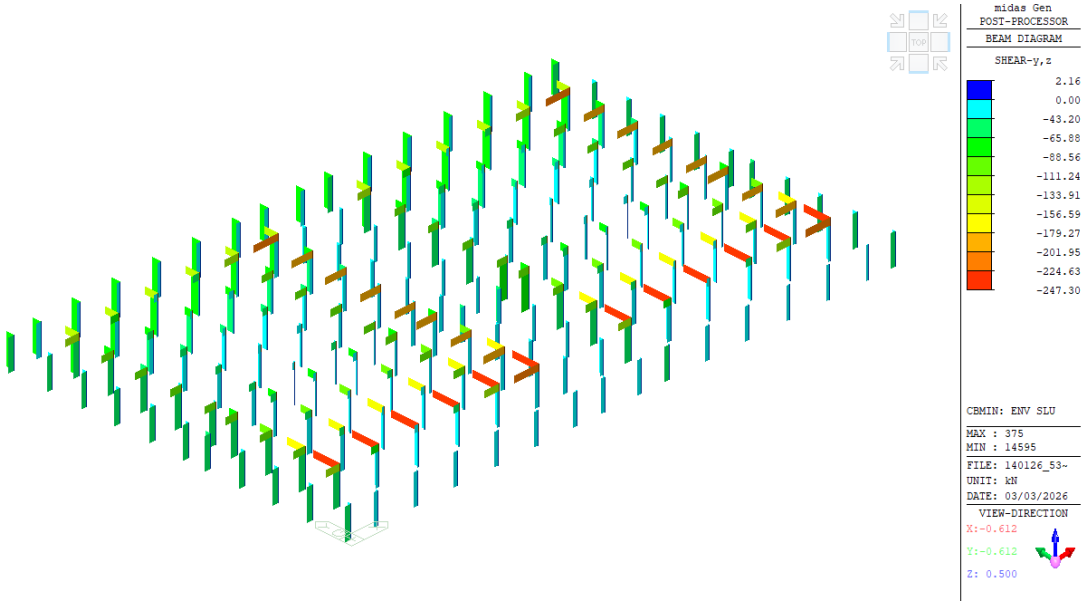


Spostamento inviluppo in direzione Y – SLU

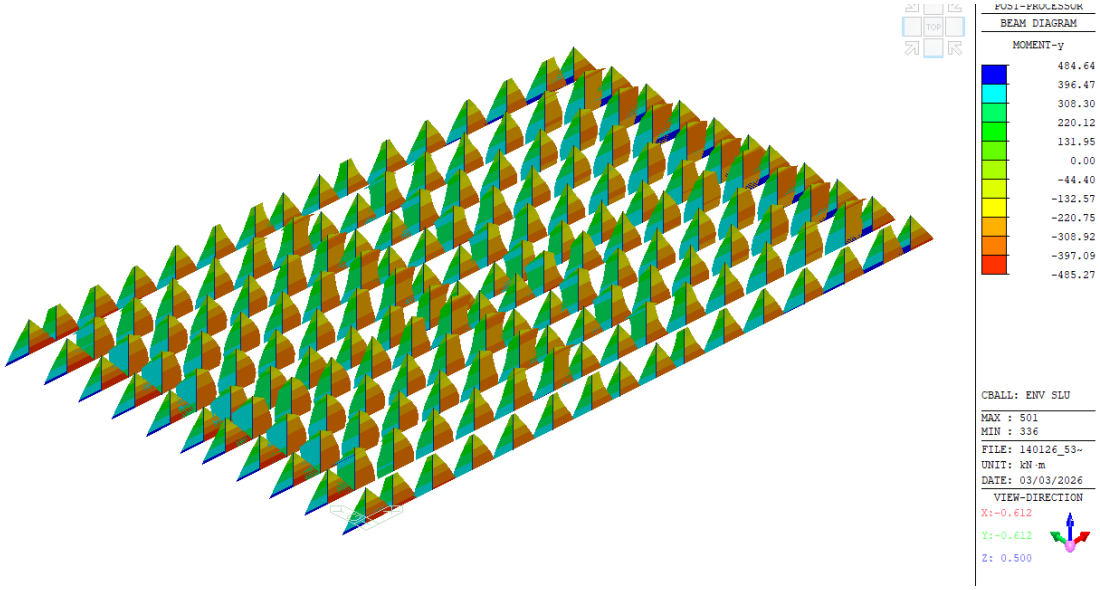
13.4. Forze interne allo SLU



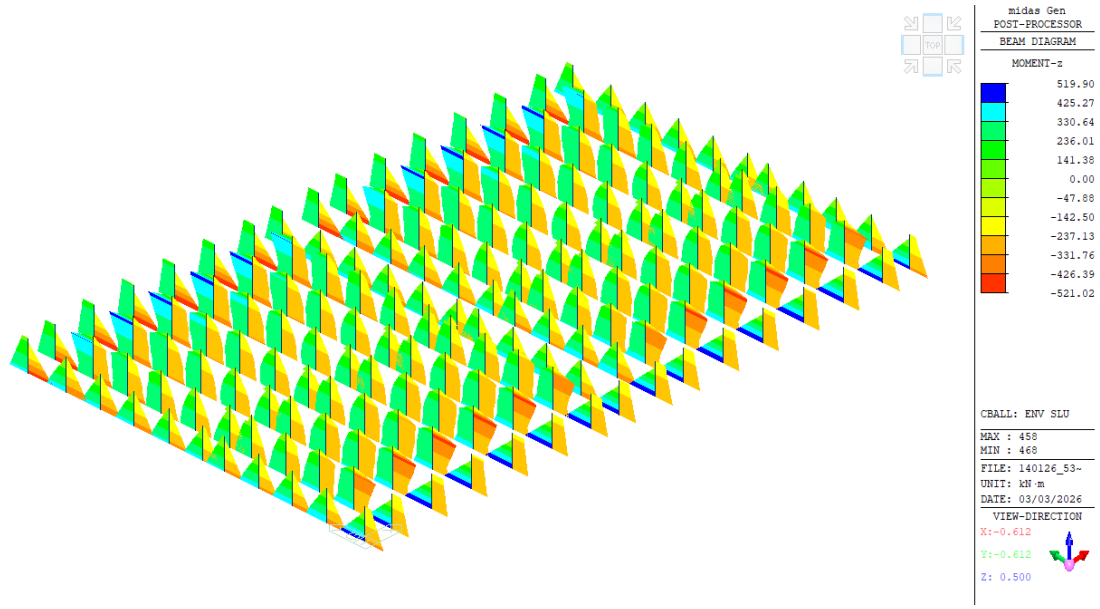
Colonne: inviluppo azioni assiali – SLU



Colonne: inviluppo azioni di taglio - SLU

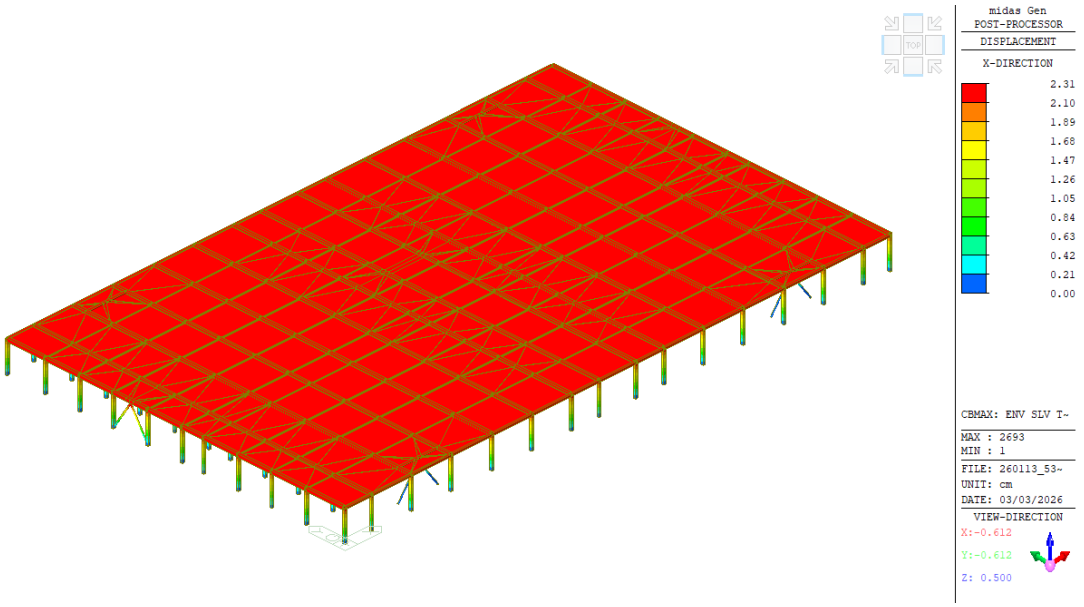


Colonne: inviluppo del momento flettente My– SLU

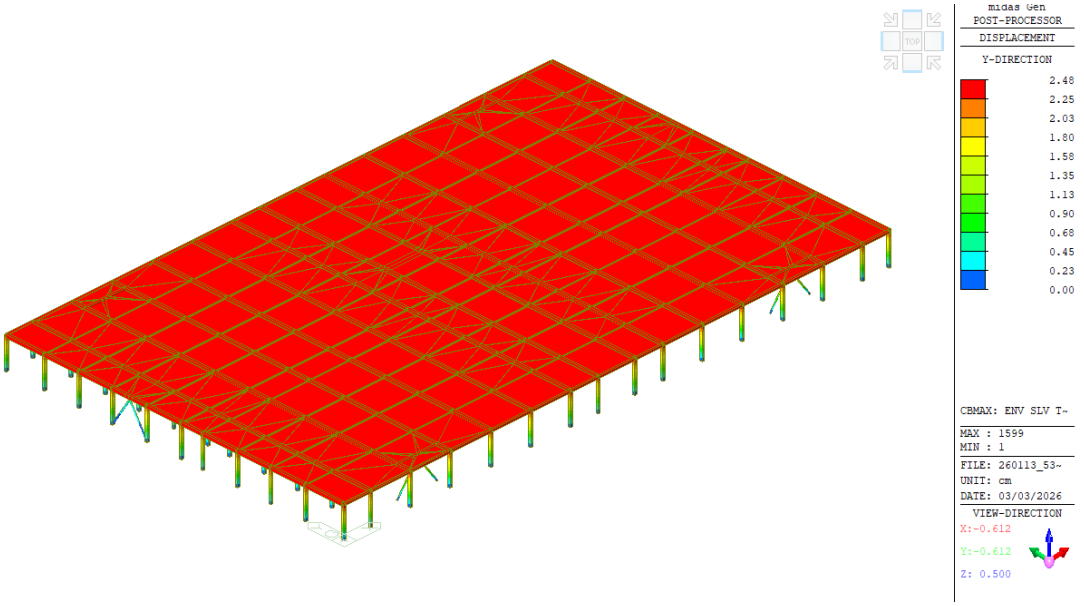


Colonne: inviluppo del momento flettente Mz– SLU

13.5. Spostamenti non lineari Time History

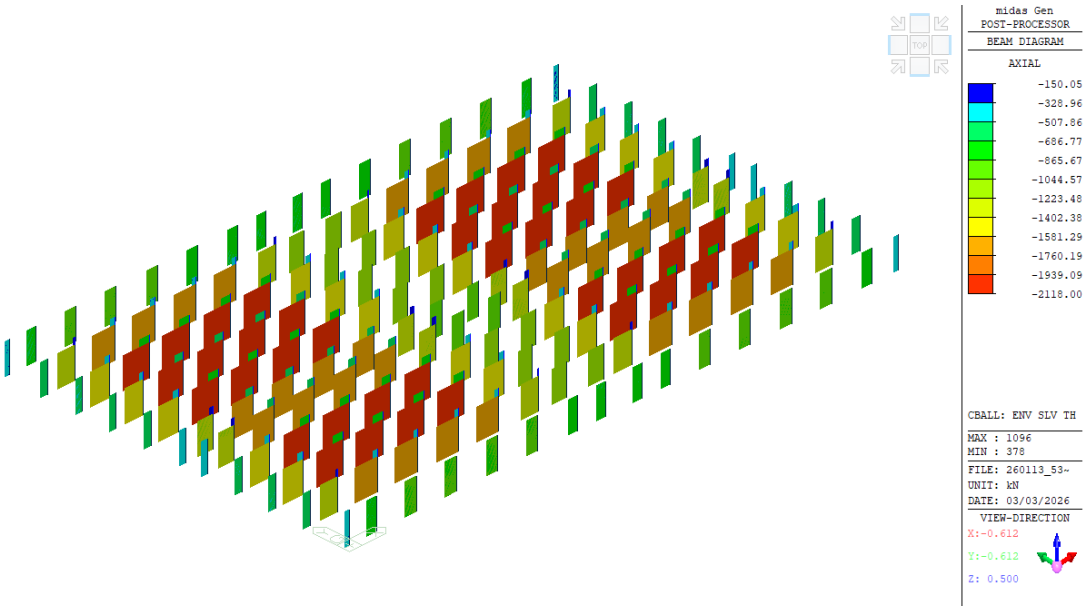


Inviluppo spostamento sismico nella direzione X– time history

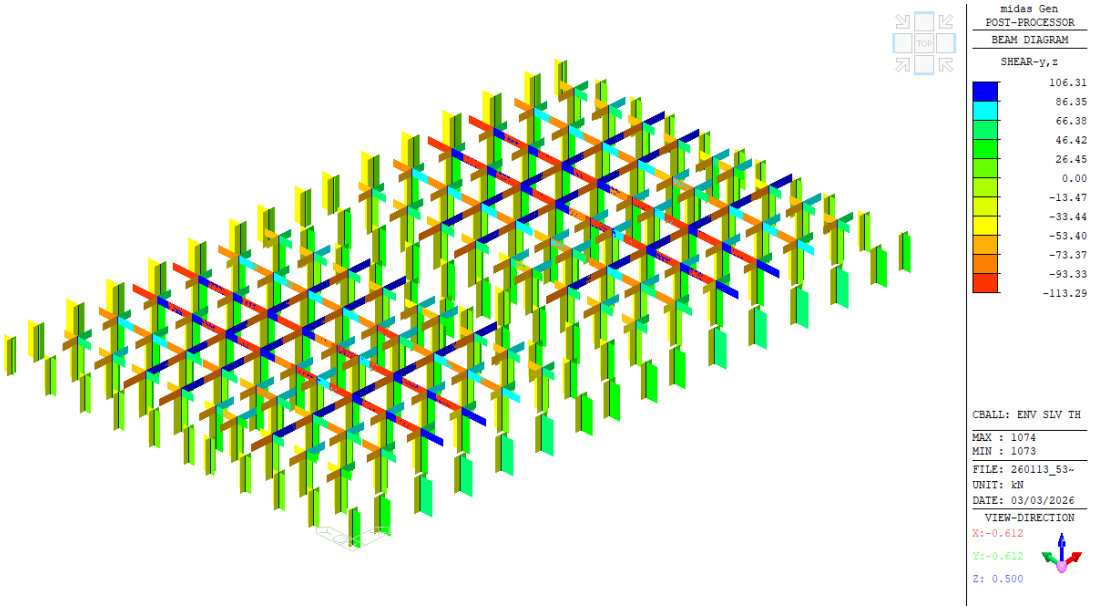


Inviluppo spostamento sismico nella direzione Y – time history

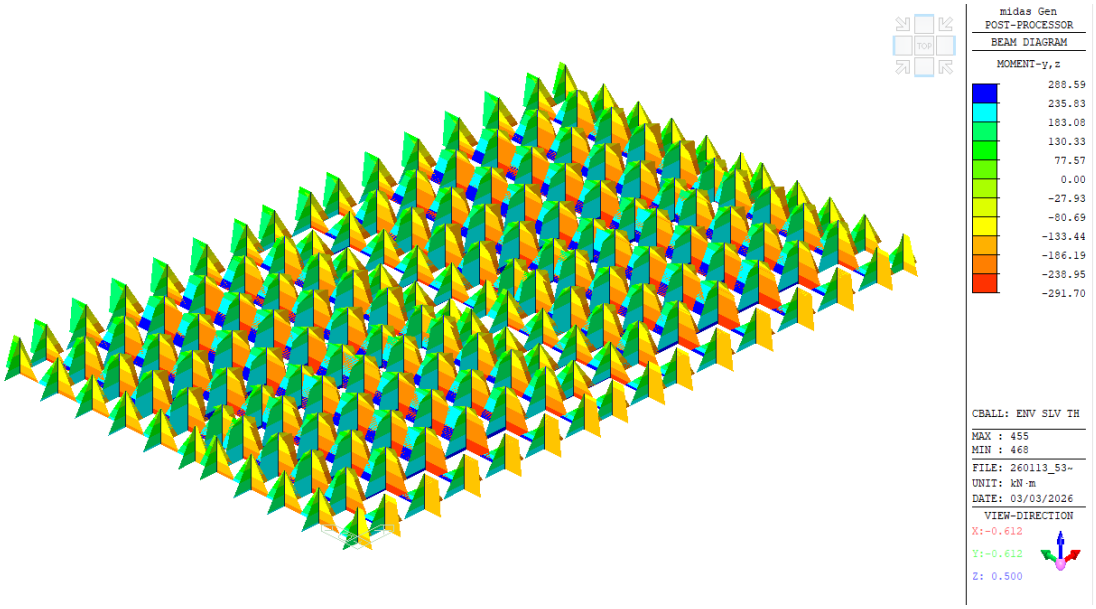
13.6. Forze interne – non lineare time history



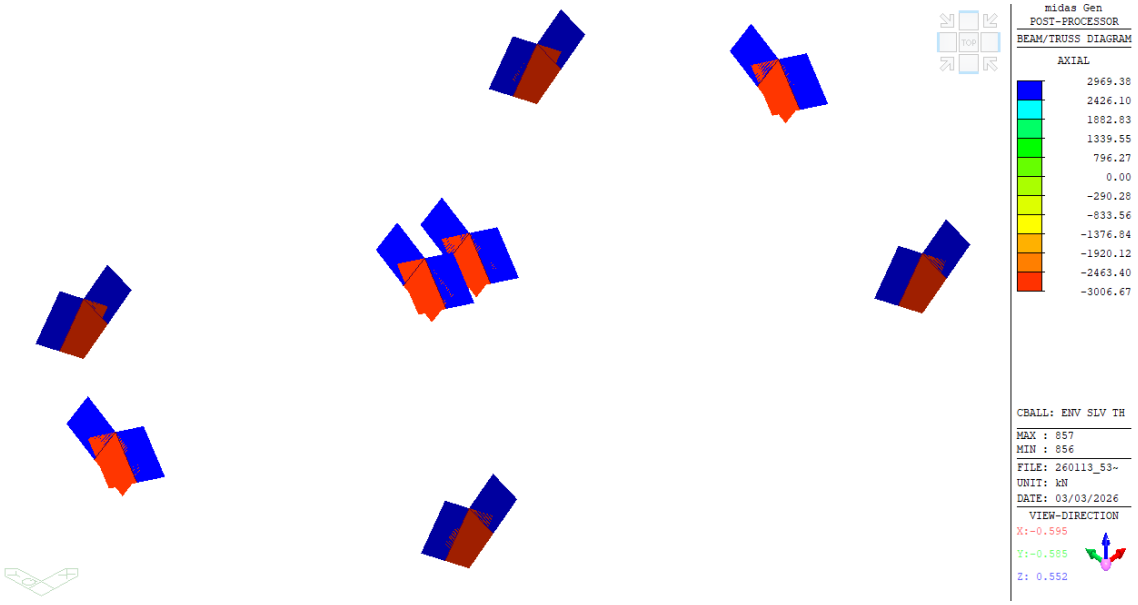
Colonne: inviluppo azione assiale – time history



Colonne: inviluppo azione di taglio - time history

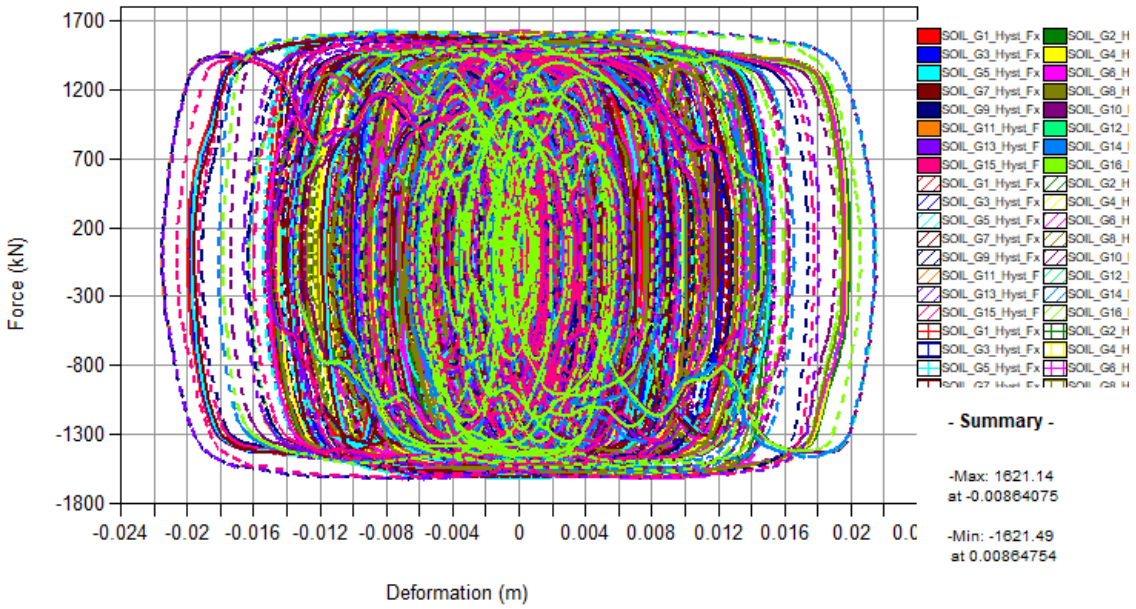


Colonne: inviluppo sollecitazione momenti – time history

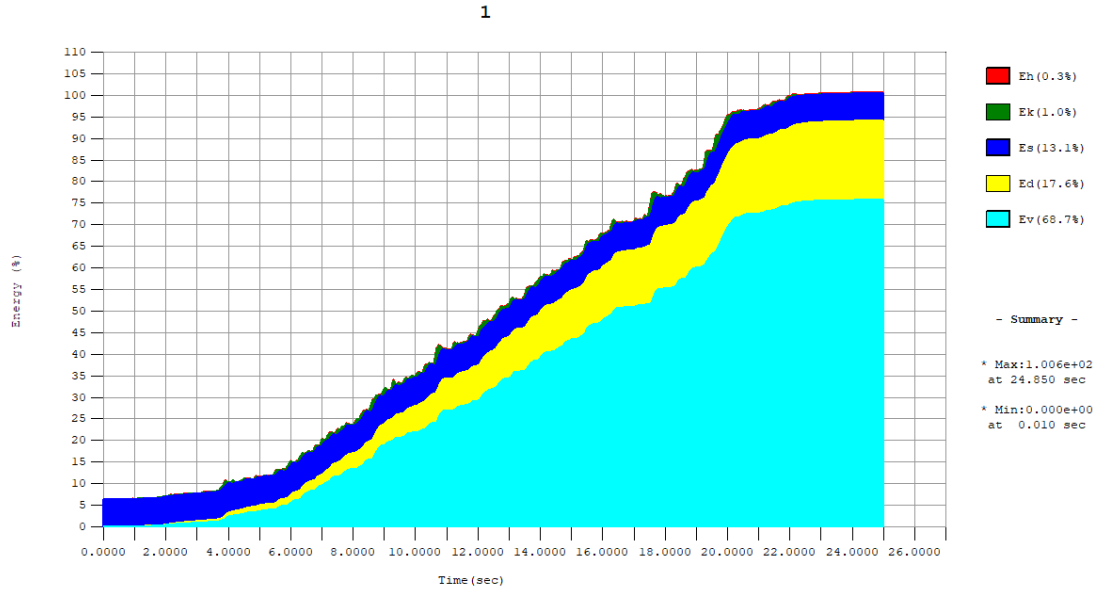


Controvento verticale: inviluppo della forza assiale - time history

13.7. Cicli isteretici dei dispositivi



Cicli isteretici dei dissipatori



In particolare:

- E_i energia ingresso;
- E_h energia dissipata per la deformazione plastica dei materiali (cerniere plastiche);
- E_k energia cinetica;
- E_s energia di deformazione elastica;
- E_d energia dissipata per viscosità lineare;

- E_v energia dissipata viscosità non lineare.

La forza massima che agisce sui dispositivi in SLC è pari a circa 1630 kN. Lo spostamento massimo del dispositivo in SLC è di +/-22 mm.

13.8. Verifica di operatività (RIG)

In base alle prestazioni sismiche definite nei capitoli precedenti, è necessario garantire la funzionalità della struttura per un livello di azione sismica corrispondente a un periodo di ritorno pari a 1950 anni. Come già accennato, a titolo di sicurezza, tale verifica viene effettuata per un livello di azione sismica con un periodo di ritorno di 2475 anni. Questo requisito, secondo le NTC18, viene verificato con riferimento agli spostamenti relativi tra piani (drift inter-piano).

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.00333 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!										
SX	1(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4800	0.0176	0.0176	0.0022	OK
Base	1(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4800	0.0176	0.0176	0.0022	OK
SX	2(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4800	0.0179	0.0179	0.0023	OK
Base	2(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4800	0.0179	0.0179	0.0023	OK
SX	3(all)	1F	7.96	1/300	-	19.5700	0.0227	0.0227	0.0029	OK
Base	3(all)	1F	7.96	1/300	-	19.5700	0.0228	0.0228	0.0029	OK

Direzione X

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.00333 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!										
SX	1(all)	1F	7.96	1/300	-	19.5700	0.0228	0.0228	0.0029	OK
Base	1(all)	1F	7.96	1/300	-	19.5700	0.0227	0.0227	0.0028	OK
SX	2(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4400	0.0243	0.0243	0.0031	OK
Base	2(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4400	0.0242	0.0242	0.0030	OK
SX	3(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4500	0.0241	0.0241	0.0030	OK
Base	3(all)	1F	7.96	1/300	-	19.4500	0.0244	0.0244	0.0031	OK

Direzione Y

Le tabelle precedenti mostrano che la condizione è soddisfatta.

13.9. Requisiti relativi al vento

In conformità con quanto richiesto dal Cliente, si fa riferimento al documento "STEER-BWE-XX-XX-RP-N-00004" pubblicato il 16/10/2023; si verificherà che il drift di piano non superi H/400 e che il drift totale non superi H/500 sotto l'azione del vento.

Module	Load Case	Story	Story Height (cm)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
						Node	Story Drift (cm)	Modified Drift (cm)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (cm)	Modified Drift (cm)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, q=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.002 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!															
SX	Vento X	1F	796.00	-	0.0020	118	0.5434	0.5434	0.0007	OK	0.5404	0.5404	1.0055	0.0007	OK
Base	Vento X	1F	796.00	-	0.0020	125	0.5367	0.5367	0.0007	OK	0.5344	0.5344	1.0043	0.0007	OK
SX	Vento Y	1F	796.00	1.00	0.0020	73	0.5174	0.5174	0.0006	OK	0.5163	0.5163	1.0021	0.0006	OK
Base	Vento Y	1F	796.00	1.00	0.0020	80	0.5174	0.5174	0.0007	OK	0.5164	0.5164	1.0020	0.0006	OK

Direzione combinata XY

limite drift [h/500]	1.59	cm

Le tabelle e l'immagine precedenti dimostrano che la condizione è soddisfatta.

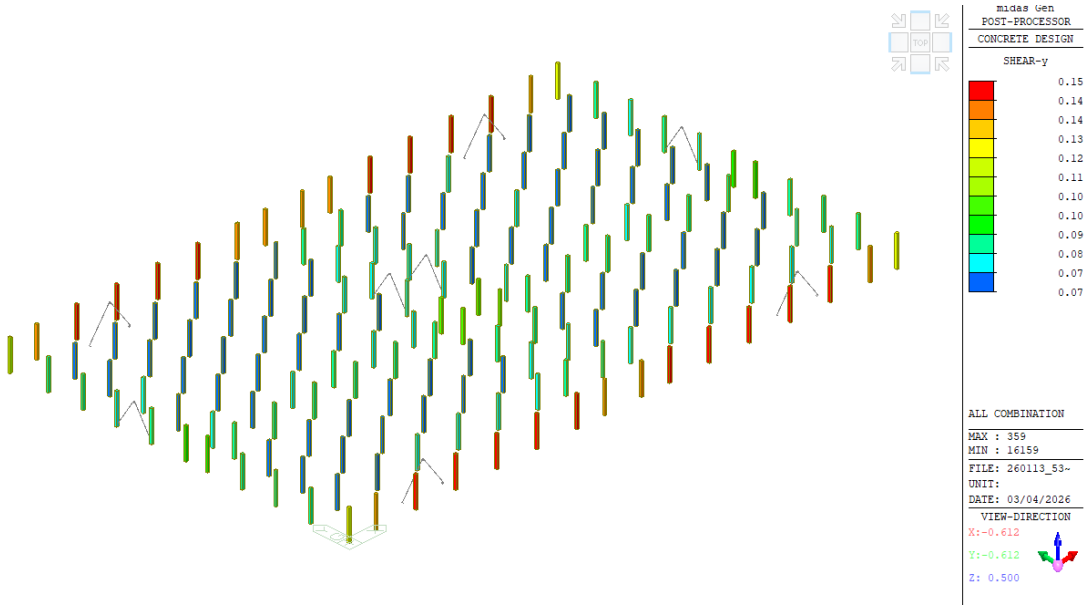
13.10. Verifica di resistenza

Per quanto riguarda l'analisi time history, si osserva che le deformazioni sia nel calcestruzzo che nell'acciaio rimangono al di sotto del limite elastico; pertanto, le sezioni non entrano nel campo plastico.

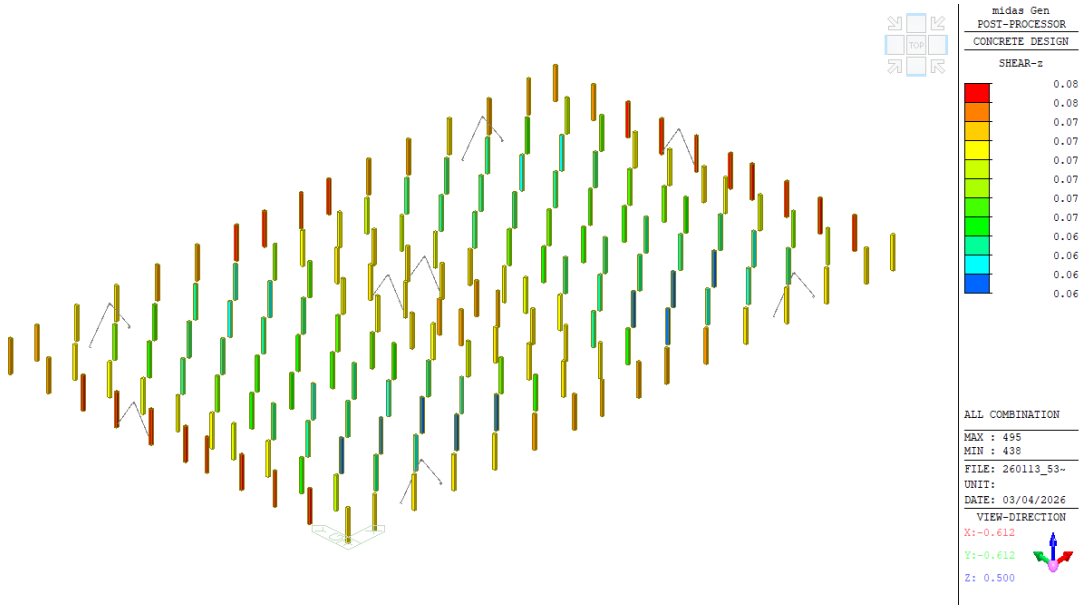
Element	Section Position	Material	Load	Cell	Minimum		Maximum	
					ε	Time/Step	ε	Time/Step

Maximum and Minimum Strains at Each Section															
Element	Section	Load	Concrete						Steel						
			Minimum				Maximum			Minimum			Maximum		
			Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	
424	1-pos	3	1	-7.16E-04	19.54	225	9.23E-04	19.54	226	-6.28E-04	19.54	237	8.35E-04	19.54	
413	1-pos	3	1	-7.16E-04	19.54	225	9.22E-04	19.54	226	-6.28E-04	19.54	237	8.35E-04	19.54	
435	1-pos	3	1	-7.24E-04	19.54	225	9.22E-04	19.54	226	-6.36E-04	19.54	237	8.34E-04	19.54	
402	1-pos	3	1	-7.24E-04	19.54	225	9.22E-04	19.54	226	-6.36E-04	19.54	237	8.34E-04	19.54	
490	1-pos	3	1	-7.19E-04	19.54	225	9.22E-04	19.54	226	-6.32E-04	19.54	237	8.34E-04	19.54	
391	1-pos	3	1	-7.57E-04	19.54	225	9.19E-04	19.54	226	-6.67E-04	19.54	237	8.29E-04	19.54	
446	1-pos	3	1	-7.57E-04	19.54	225	9.18E-04	19.54	226	-6.67E-04	19.54	237	8.28E-04	19.54	
457	1-pos	3	1	-7.59E-04	19.54	225	9.16E-04	19.53	226	-6.69E-04	19.54	237	8.27E-04	19.53	
479	1-pos	3	1	-7.63E-04	19.54	225	9.15E-04	19.53	226	-6.73E-04	19.54	237	8.26E-04	19.53	
468	1-pos	3	1	-7.66E-04	19.54	225	9.13E-04	19.53	226	-6.76E-04	19.54	237	8.23E-04	19.53	
380	1-pos	3	1	-7.55E-04	19.54	225	9.09E-04	19.54	226	-6.66E-04	19.55	237	8.20E-04	19.54	
369	1-pos	3	1	-7.59E-04	19.55	225	9.01E-04	19.54	226	-6.71E-04	19.55	237	8.12E-04	19.54	
501	1-pos	3	1	-5.76E-04	19.54	225	8.90E-04	19.54	226	-4.98E-04	19.54	237	8.12E-04	19.54	
347	1-pos	3	1	-7.05E-04	19.55	225	8.91E-04	19.55	226	-6.19E-04	19.55	237	8.06E-04	19.55	
358	1-pos	3	1	-7.47E-04	19.55	225	8.85E-04	19.54	226	-6.60E-04	19.55	237	7.97E-04	19.54	
413	1-pos	2	1	-6.81E-04	19.46	225	8.79E-04	19.47	226	-5.98E-04	19.46	237	7.96E-04	19.47	
402	1-pos	2	1	-6.90E-04	19.46	225	8.79E-04	19.46	226	-6.06E-04	19.46	237	7.95E-04	19.46	
435	1-pos	2	1	-6.89E-04	19.46	225	8.78E-04	19.47	226	-6.05E-04	19.46	237	7.94E-04	19.47	
424	1-pos	2	1	-6.80E-04	19.46	225	8.76E-04	19.47	226	-5.96E-04	19.46	237	7.93E-04	19.47	
490	1-pos	2	1	-6.83E-04	19.46	225	8.73E-04	19.47	226	-6.00E-04	19.46	237	7.90E-04	19.47	
391	1-pos	2	1	-7.20E-04	19.46	225	8.74E-04	19.46	226	-6.34E-04	19.46	237	7.89E-04	19.46	

Deformazioni nei materiali in calcestruzzo e acciaio (elencati in ordine decrescente rispetto all'acciaio)



Rapporto di utilizzo del taglio y



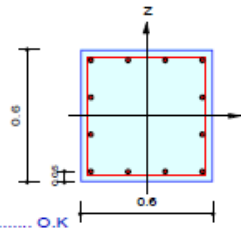
Rapporto di utilizzo del taglio z

midas Gen **RC Column Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	260113_5389_DH_rev 5_NL - v7.mgb

1. Design Condition

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEMkN, m
Member Number 468 (PM), 468 (Shear)
Material Data : fck = 45000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 7.96 m
Section Property: Pilastro 60x60 (No : 1)
Rebar Pattern : 12 - 4 - P26 Ast = 0.006372 m² (ρst = 0.018)

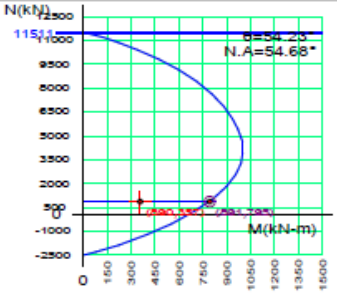


2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 44- (Pos : I)

Concentric Max. Axial Load	N.Rdmax	= 11510.9 kN	
Axial Load Ratio	N.Ed / N.Rd	= 890.070 / 891.254	= 0.999 < 1.000 ..... O.K
Moment Ratio	M.Ed / M.Rd	= 357.486 / 795.030	= 0.450 < 1.000 ..... O.K
	M.Edy / M.Rdy	= 206.655 / 464.751	= 0.445 < 1.000 ..... O.K
	M.Edz / M.Rdz	= 291.702 / 645.042	= 0.452 < 1.000 ..... O.K

M-N Interaction Diagram



N.Rd(kN)	M.Rd(kN-m)
11510.91	0.00
10881.83	220.37
9857.70	471.76
8435.58	711.84
6848.54	885.55
5446.17	972.54
4634.85	1000.92
3919.73	1000.86
2581.85	958.30
1029.91	813.33
-509.66	556.32
-1839.53	226.11
-2493.39	0.00

3. Shear Capacity

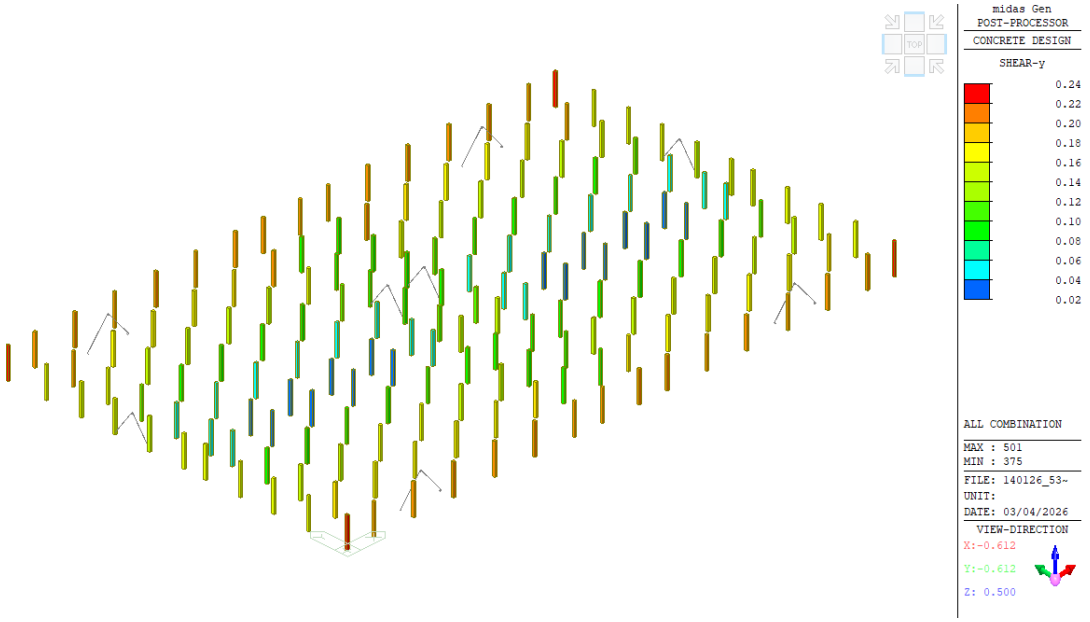
[END]	y (LCB : 44-, POS : J)	z (LCB : 44+, POS : J)
Applied Shear Force (V.Ed)	52.1279 kN	24.8935 kN
V.Ed / V.Rdc	52.1279 / 345.545 = 0.151	24.8935 / 338.180 = 0.074
V.Ed / V.Rds	52.1279 / 378.737 = 0.138	24.8935 / 378.737 = 0.066
V.Ed / V.Rdmax	52.1279 / 1315.25 = 0.040	24.8935 / 1315.25 = 0.019
Shear Ratio	0.151 < 1.000 ..... O.K	0.074 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

[MIDDLE]	y (LCB : 44-, POS : 1/2)	z (LCB : 44+, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V.Ed)	52.1279 kN	24.8935 kN
V.Ed / V.Rdc	52.1279 / 345.545 = 0.151	24.8935 / 338.180 = 0.074
V.Ed / V.Rds	52.1279 / 378.737 = 0.138	24.8935 / 378.737 = 0.066
V.Ed / V.Rdmax	52.1279 / 1315.25 = 0.040	24.8935 / 1315.25 = 0.019
Shear Ratio	0.151 < 1.000 ..... O.K	0.074 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

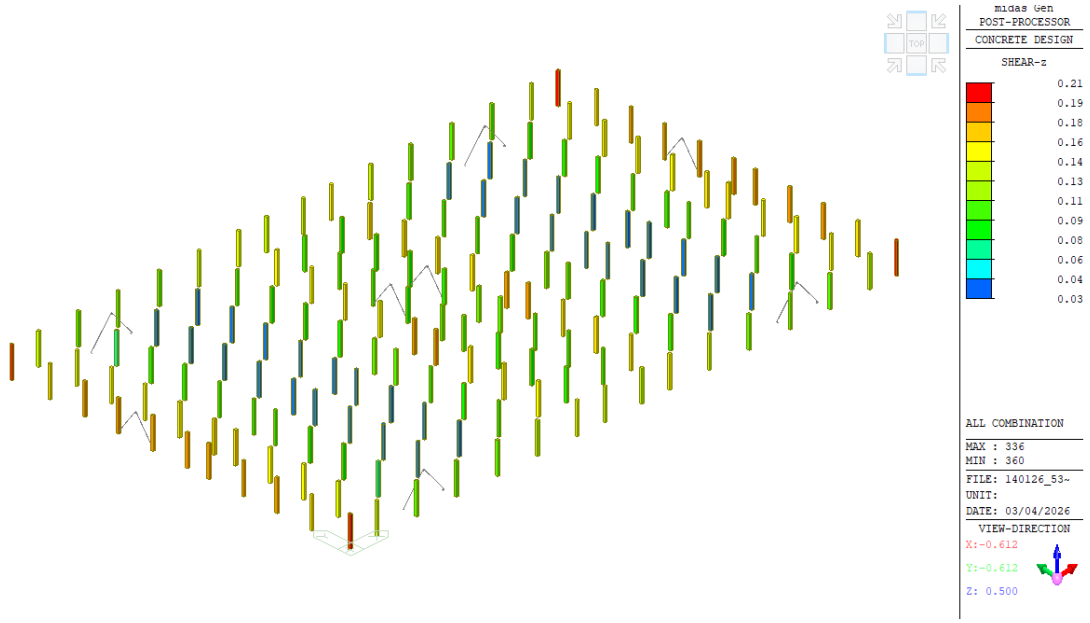
Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2026
Print Date/Time : 03/04/2026 09:24

Note: la verifica pressoflessione riportata nella scheda non deve essere considerata valida, poiché le verifiche sono state effettuate in termini di deformazioni (comportamento essenzialmente elastico)

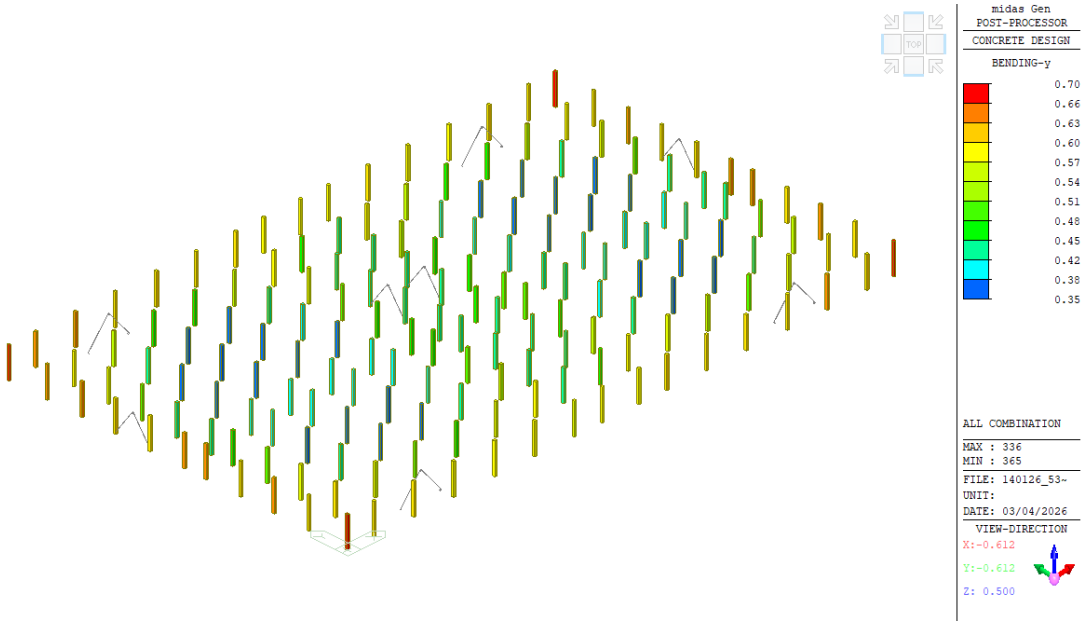
Infine, per quanto riguarda le verifiche di resistenza, di seguito sono riportate le schede di verifica relative alla colonna/fondazione più sollecitata (SLU) e alla diagonale di controvento (SLC).



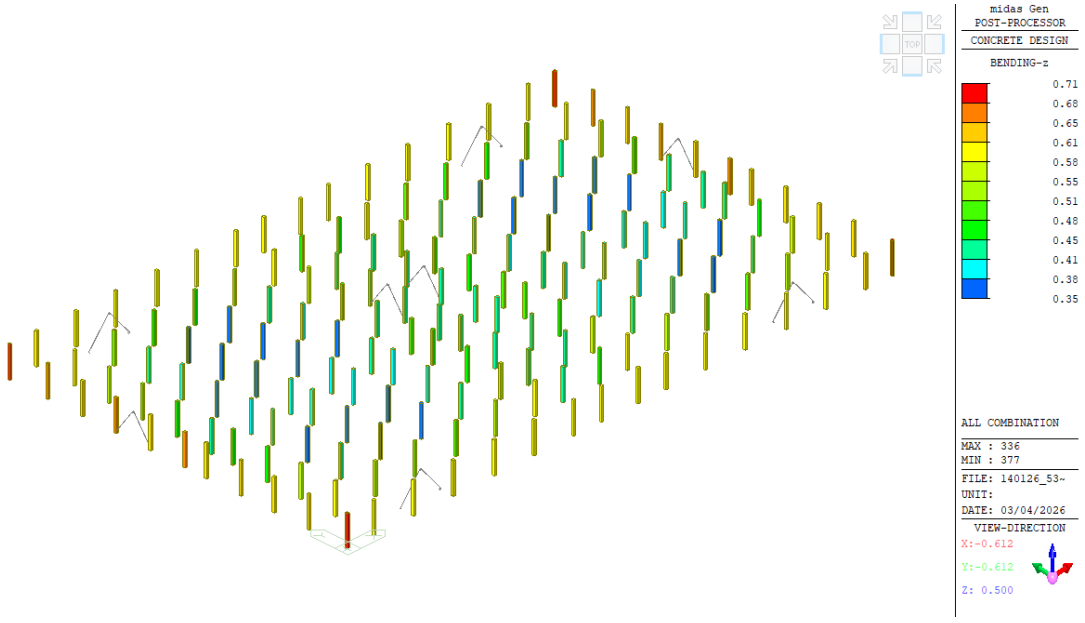
Coefficiente di sicurezza al taglio y



Coefficiente di sicurezza al taglio z



Coefficiente di sicurezza flessionale y



Coefficiente di sicurezza flessionale z

13.11. Verifiche sistemi di controvento dissipativi

Ai sensi del paragrafo C7.10.1 della circolare n. 7/2019, la progettazione/verifica dei sistemi dotati di dispositivi antisismici viene effettuata in conformità alle disposizioni previste per le costruzioni ordinarie, a condizione che il comportamento dei dispositivi antisismici sia correttamente considerato nelle analisi.

Pertanto, nel caso in esame, in conformità con le indicazioni fornite al paragrafo 7.5.5 della NTC18, è necessario che:

$$N_{Ed} / N_{b,Rdp} (M_{Ed}) \leq 1.0,$$

Dove N_{Ed} and M_{Ed} vengono valutati utilizzando le seguenti espressioni:

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \times \gamma_v \times \Omega \times N_{Ed,E}$$
$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1.1 \times \gamma_v \times \Omega \times M_{Ed,E}$$

essendo:

- $N_{Ed,G}$ and $M_{Ed,G}$ azioni assiali e di flessione dovute ad azioni non sismiche;
- $N_{Ed,E}$ and $M_{Ed,E}$ azioni assiali e di flessione dovute ad azioni sismiche
- Ω is equal to 1 (""zone dissipative" costituite dai dispositivi);
- $\gamma_v = (1+t_d) \times 1.5^{a} = (1+0.15) \times 1.5^{0.15} = 1.22$ (fattore di affidabilità, par. 11.9.6 NTC18).

Nel caso in esame le forze derivanti da azioni non sismiche sono trascurabili e pertanto il valore delle forze sismiche complessive viene amplificato, ai fini della verifica dei collegamenti e dei profili in acciaio, del fattore 1,1 x 1,22 = 1,34.

Instability check		
profilo	Ø406.4x40	
A	460.43	cm2
$I_{,min}$	78186.48	cm4
ρ_{min}	13.0	cm
accaio S	355	
E	210000	MPa
L	8.5	m
β	1	
L_0	8.5	m
N_{cr}	22429	kN
λ	0.854	
α	0.210	
Φ	0.933	
χ	0.764	
$N_{c,Rd}$	11888	kN
N_{Ed} x 1.34	4025.00	kN
$N_{Ed} < N_{c,Rd}$	VERO	0.34

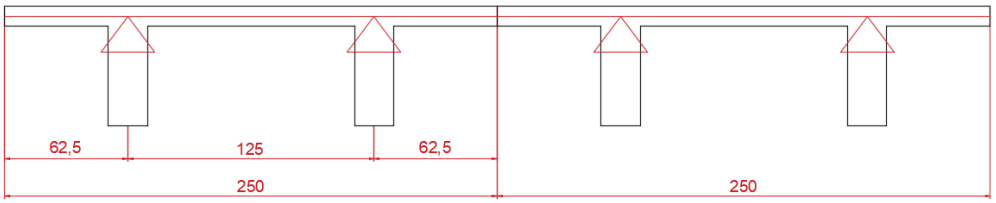
Resistenza di compressione del controvento

Tutte le verifiche strutturali sono soddisfatte.

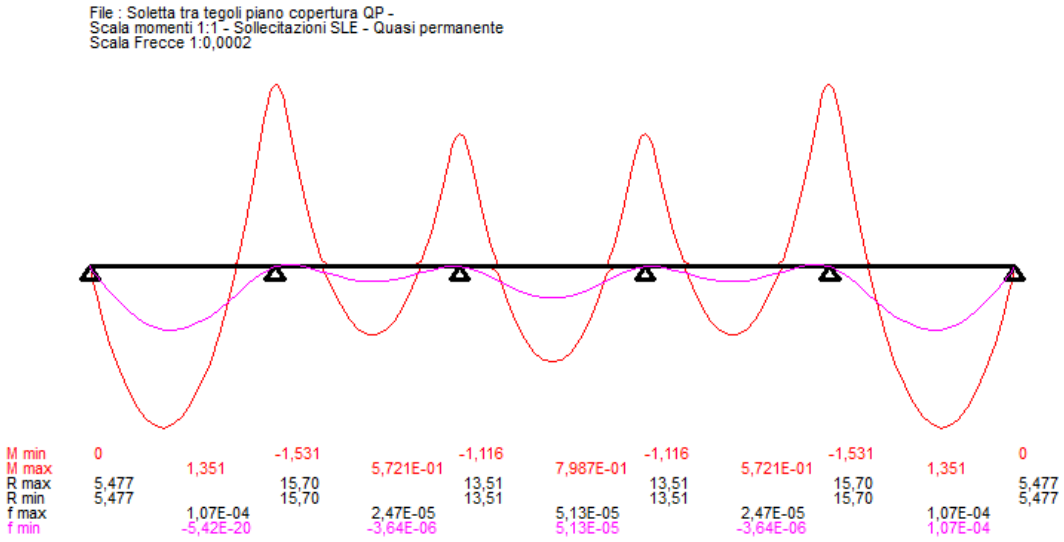
13.12. Progettazione soletta collaborante in c.a.

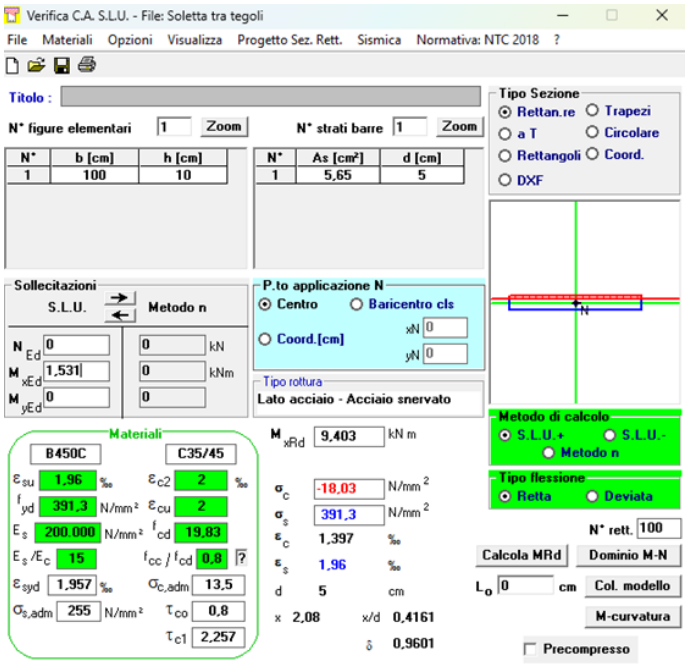
Il getto della soletta collaborante sulla trave T svolge un ruolo fondamentale nella distribuzione dei carichi trasferiti dal sistema di controventi agli altri elementi strutturali, garantendo la collaborazione tra gli elementi antisismici. È quindi necessario progettare correttamente l'armatura interna di questi elementi.

A tal fine, la soletta può essere analizzata, in direzione trasversale, come una piastra appoggiata su supporti discreti, rappresentati dalle anime degli elementi prefabbricati a doppia T.



Il caso di carico determinante per l'armatura della soletta di copertura è l'azione sismica. Pertanto, l'armatura considerata nel meccanismo di flessione è quella derivante dalla combinazione di carico sismico, ovvero con i carichi verticali considerati nella combinazione quasi permanente.

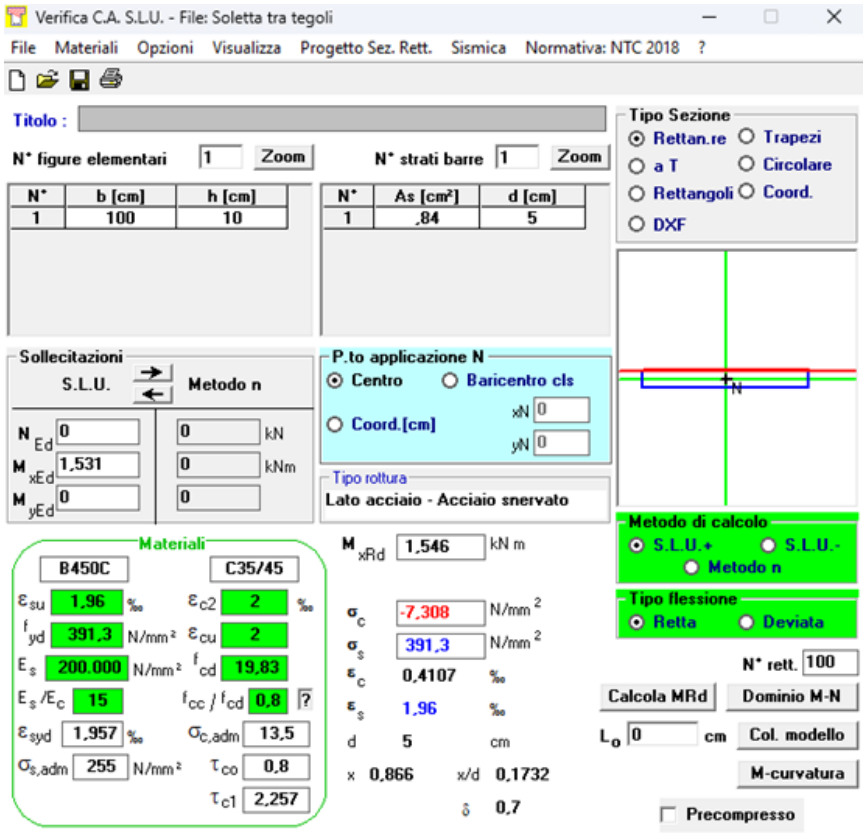




Nella direzione trasversale, il momento flettente massimo agente è considerato pari a 1,53 kN/m nella combinazione di carico quasi permanente.

Adottando un rinforzo di base di Ø12/20, la resistenza alla flessione corrispondente è di 9,4 kNm..

Il rinforzo necessario per 1,53 kNm è pari a 0,84 cm², come illustrato di seguito:

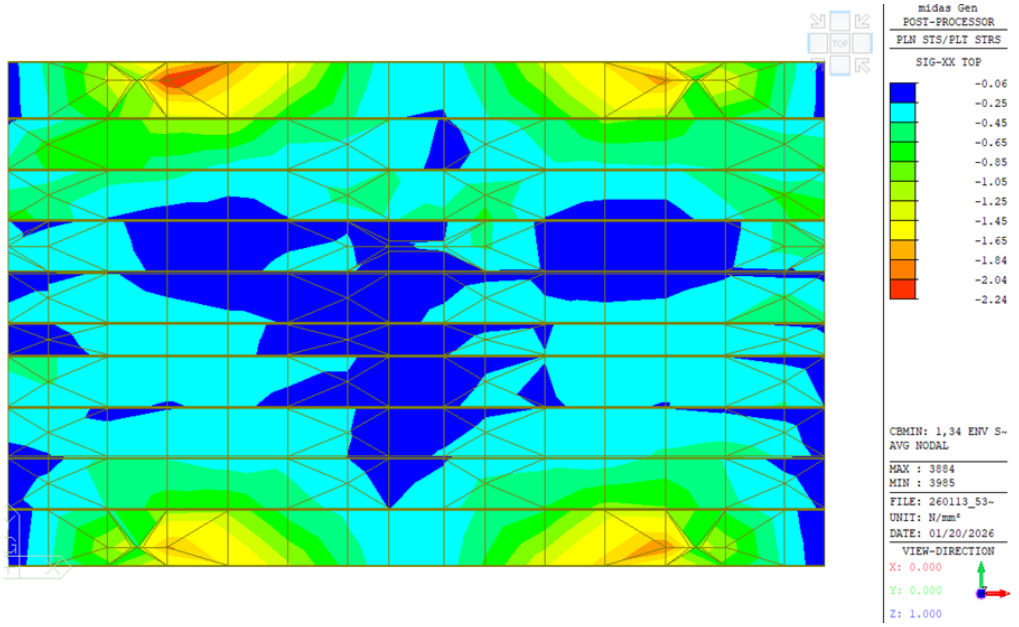


Pertanto, l'area di rinforzo disponibile per la sollecitazione assiale è pari a 5,65 - 0,84 = 4,81 cm². Di conseguenza:

$$\sigma_x = \frac{565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 2.21\ N/mm^2$$

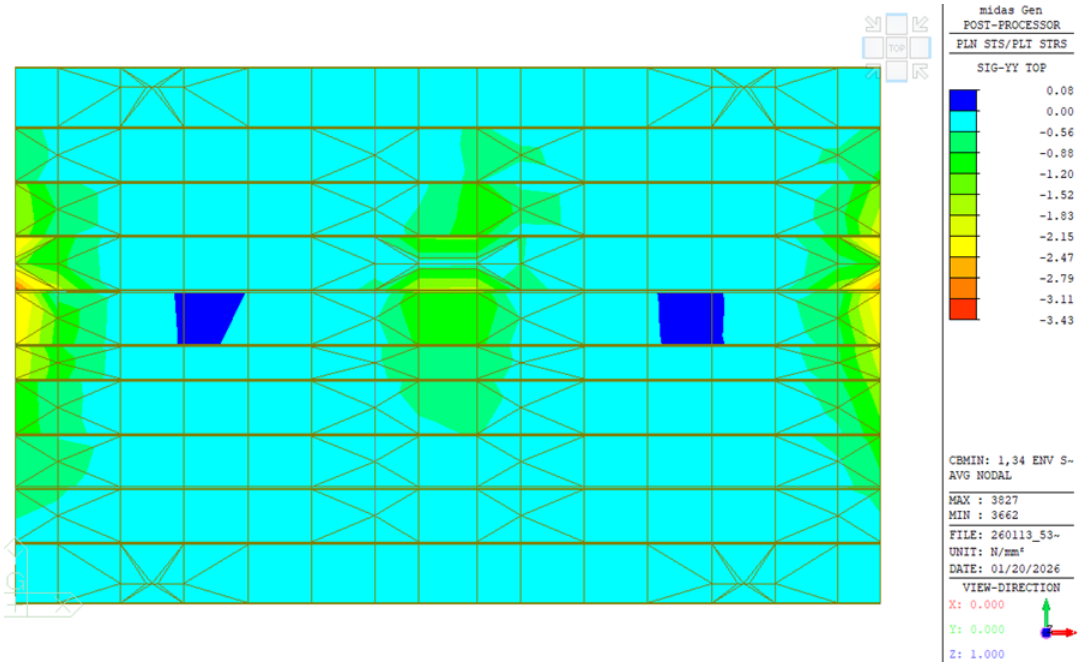
$$\sigma_y = \frac{481}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 1.88\ N/mm^2$$

Di seguito sono riportate le distribuzioni delle sollecitazioni sismiche nella soletta collaborante degli uffici per entrambi i piani.



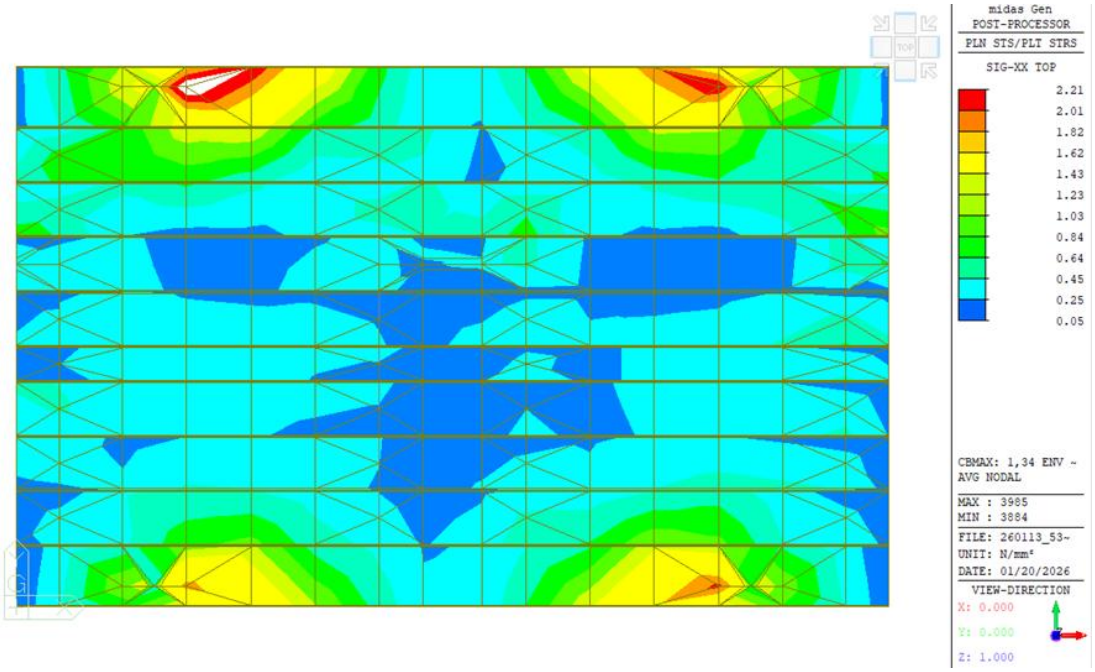
Sollecitazioni di compressione sismiche massime nella direzione x, amplificate di un fattore 1,34

$$\sigma_c = 2.24MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$

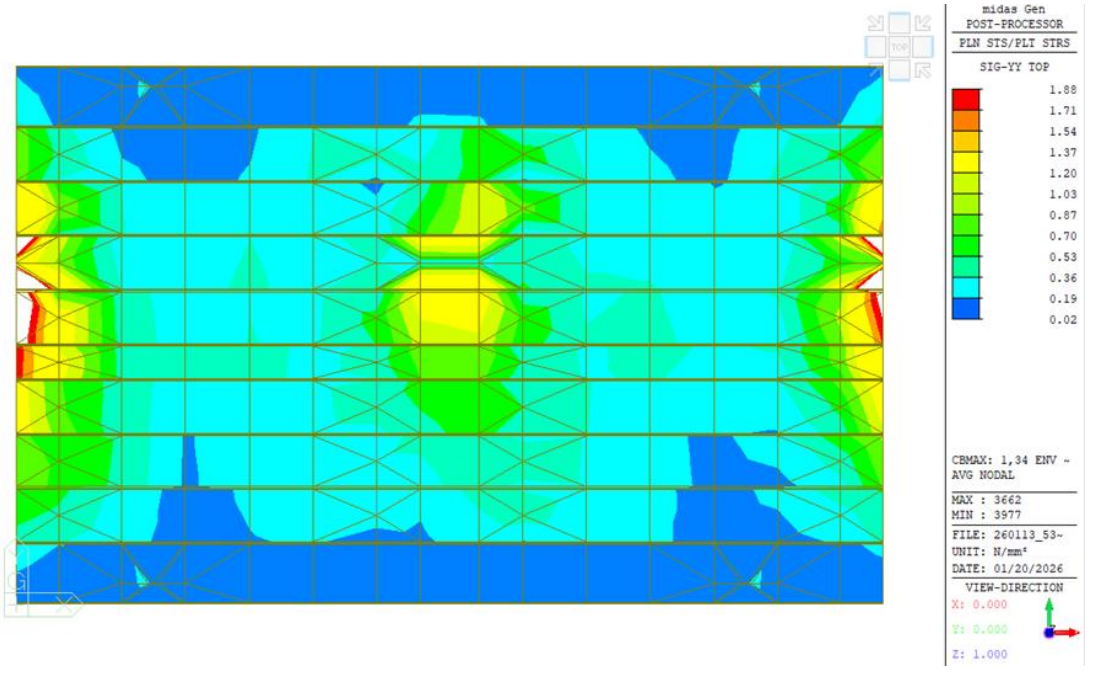


Sollecitazioni di compressione sismiche massime nella direzione y, amplificate di un fattore 1,34

$$\sigma_c = 3.43MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$



Tensioni sismiche massime nella direzione x, amplificate di un fattore 1,34 con un filtro di tensione di 2,21 MPa

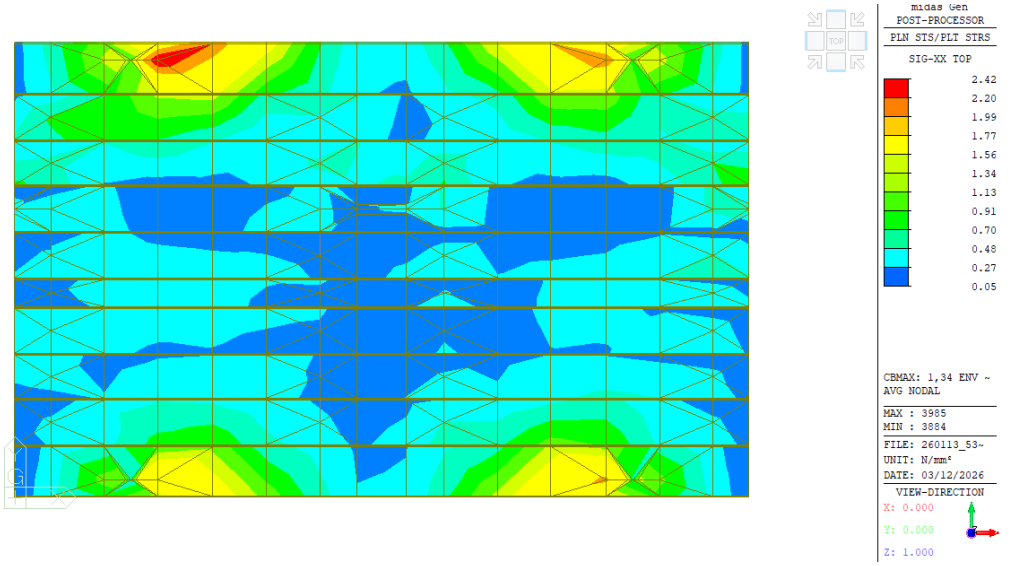


Tensioni sismiche massime nella direzione y, amplificate di un fattore 1,34 con un filtro di tensione di 1,88 MPa

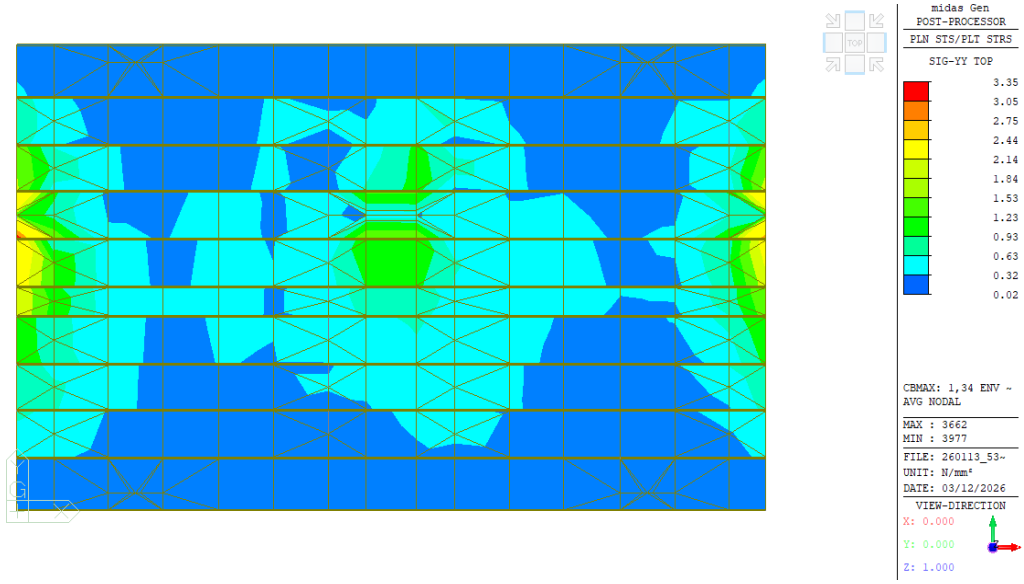
Per queste zone è previsto un aggiuntivo di armatura di Ø12/20.

$$\sigma_x = \frac{565 + 565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 4.42\ N/mm^2$$

$$\sigma_y = \frac{481 + 565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 4.09\ N/mm^2$$



Valore di picco: σ_{xx} =2.42 < σ_x =4.42 MPa

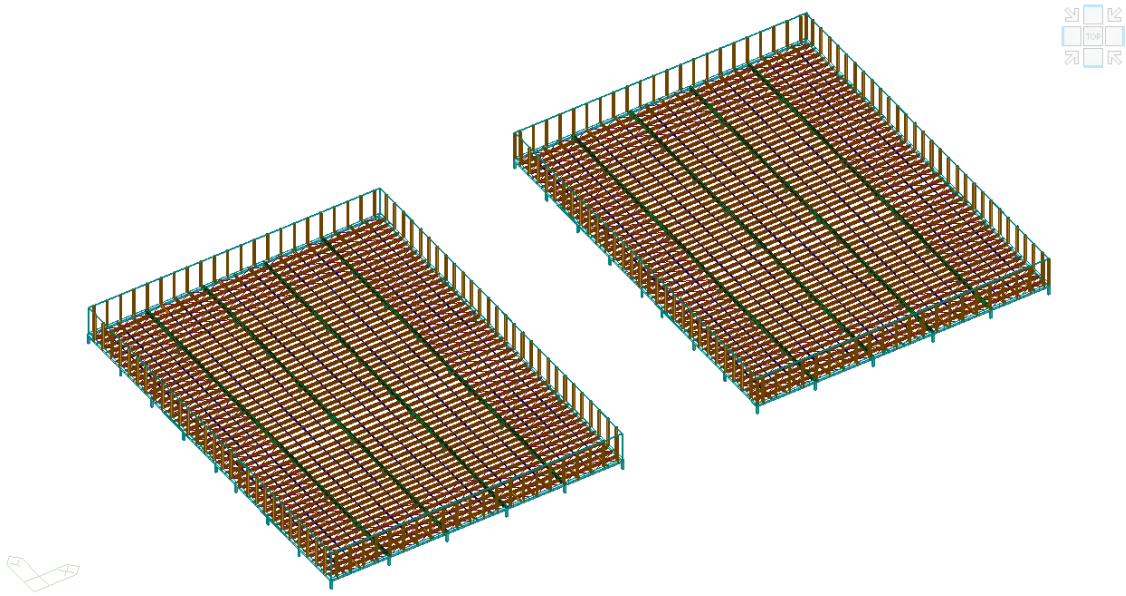


σ_{yy} =3.35 < σ_y =4.42 MPa

verifiche soddisfatte

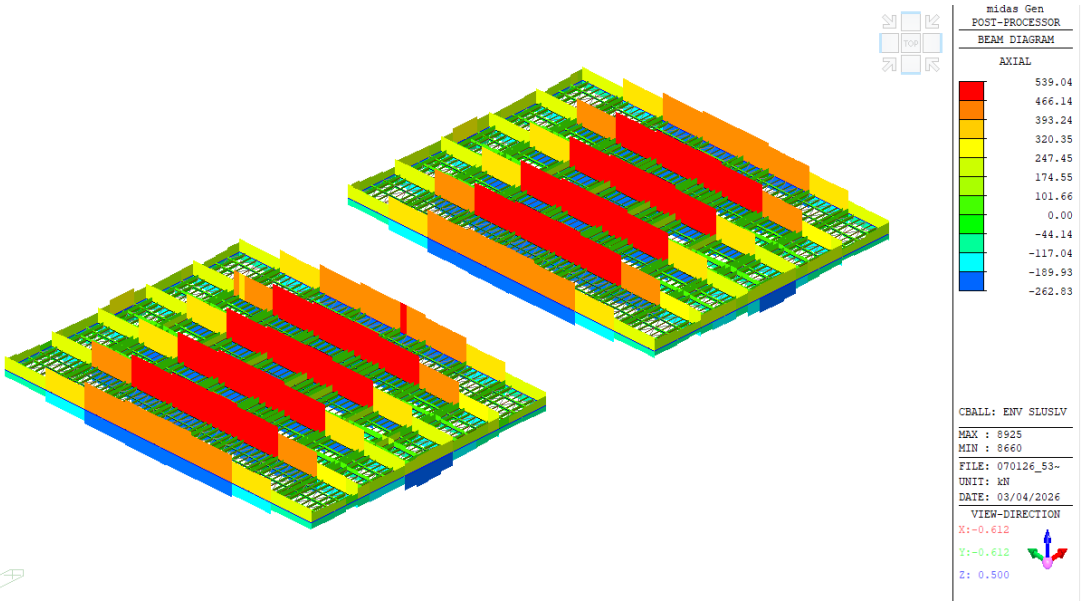
13.13. Gantry in copertura – data hall

Verifiche di resistenza

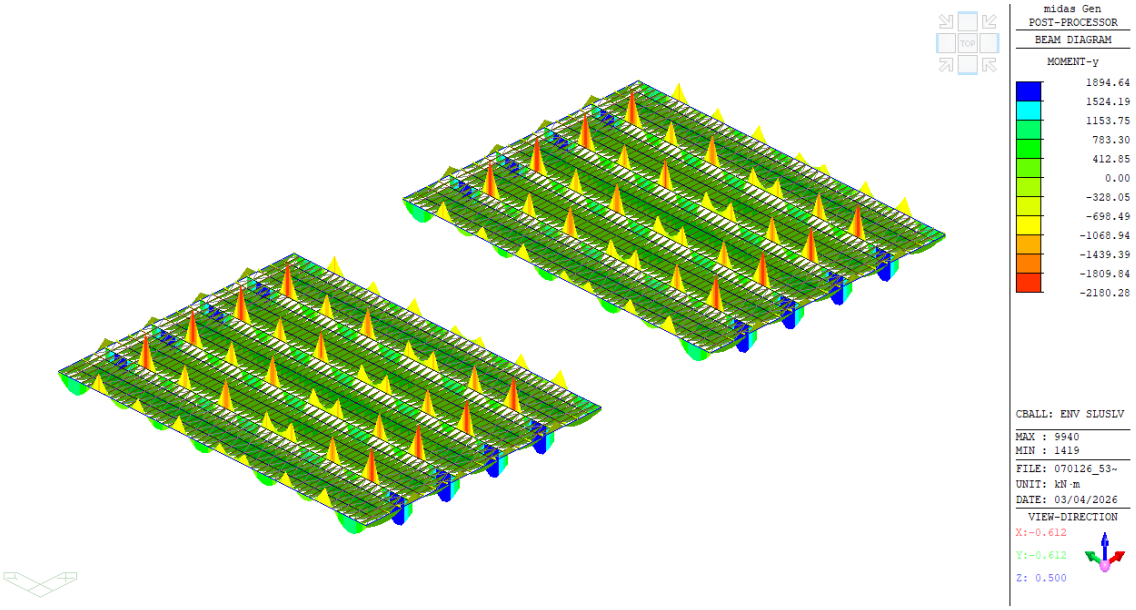


Modello 3D gantry (sopra la copertura della Data hall)

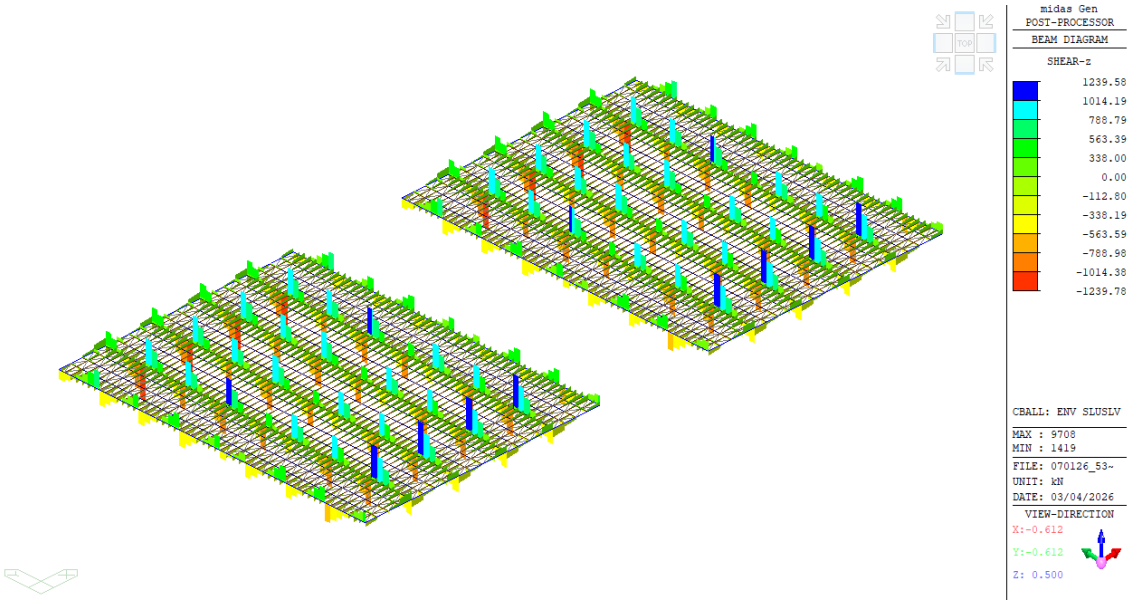
Di seguito sono riportate le forze interne e le verifiche.



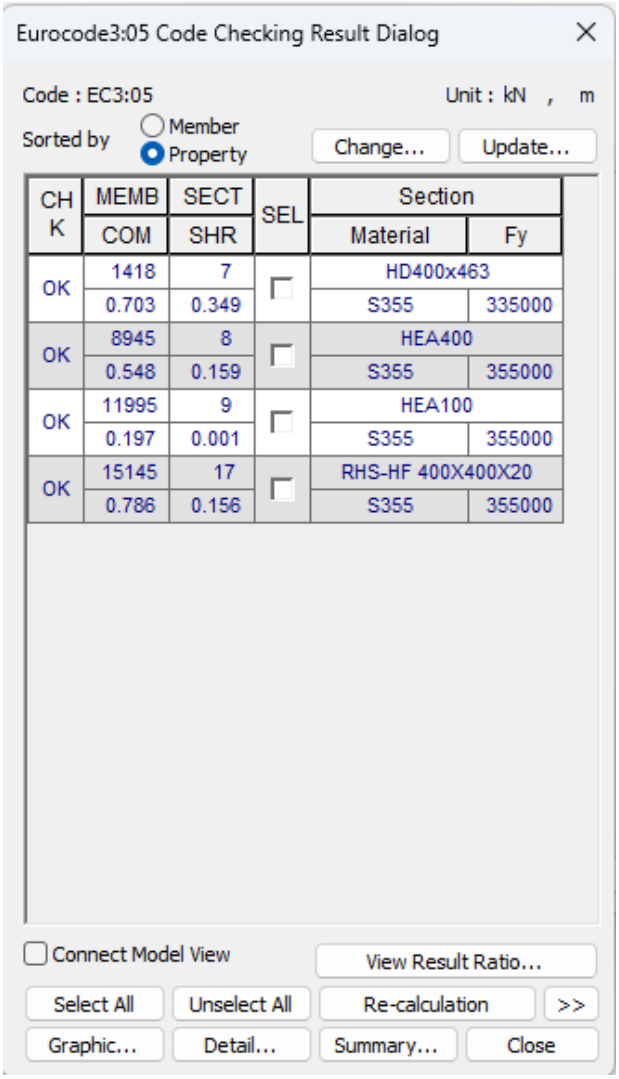
Inviluppo azione assiale



Inviluppo momento flettente



Inviluppo azione di taglio



Elementi verificati

Di seguito è riportata la verifica del sistema di controvento di piano (solo a trazione):

d	30	mm
fyd	355	N/mm
A	706.8583	mm^2
Frd /2	119.4927	kN
Fed x2	50.62	kN
cs	2.361	-

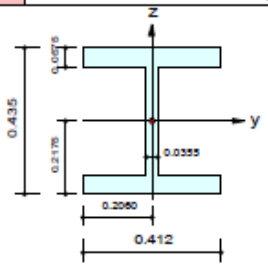
Verificato Ø30

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	070126_5389_DH_rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 1418
Material S355 (No:2)
(Fy = 335000, Es = 210000000)
Section Name HD400x463 (No:7)
(Rolled : HD400x463).
Member Length : 9.13000



Depth	0.43500	Web Thick	0.03550
Top F Width	0.41200	Top F Thick	0.05750
Bot.F Width	0.41200	Bot.F Thick	0.05750
Area	0.05893	Asz	0.01544
Cyb	0.13876	Czb	0.02122
Iyy	0.00180	Izz	0.00067
Ybar	0.20600	Zbar	0.21750
Wely	0.00829	Welz	0.00326
ry	0.17490	rz	0.10670

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -122.19 (LCB: 8, POS:J)
Bending Moments My = -2180.3, Mz = 4.15996
End Moments Myi = -901.53, Myj = -2180.3 (for Lb)
Myi = -1438.9, Myj = -2180.3 (for Ly)
Mzi = -0.6782, Mzj = 4.15996 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 71.7671 (LCB: 67+, POS:I)
Fzz = 984.266 (LCB: 9, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 9.13000, Lz = 1.30429, Lb = 1.30429
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

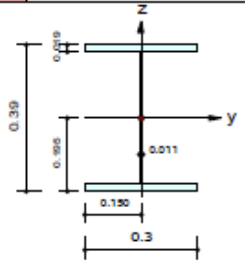
Slenderness Ratio
KL/r = 54.1 < 200.0 (Memb:1291, LCB: 2)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 122.2/18802.4 = 0.006 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 2180.28/3143.19 = 0.694 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 4.16/1589.16 = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.703 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.008 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.349 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	070126_5389_DH_rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 8945
Material S355 (No:2)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA400 (No:8)
(Rolled : HEA400).
Member Length : 10.8300



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -19.161 (LCB: 2, POS:1/2)
Bending Moments My = 470.079, Mz = 0.00876
End Moments Myi = 470.079, Myj = 347.150 (for Lb)
Myi = 10.2003, Myj = -1.0825 (for Ly)
Mzi = 0.00876, Mzj = -0.1115 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 7.29209 (LCB: 67+, POS:I)
Fzz = -178.26 (LCB: 5, POS:I)

Depth	0.39000	Web Thick	0.01100
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01900
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.01590	Asz	0.00429
Cyb	0.11161	Czb	0.01125
Iyy	0.00045	Izz	0.00009
Ybar	0.15000	Zbar	0.19500
Wely	0.00231	Welz	0.00057
ry	0.16800	rz	0.07340

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 10.8300, Lz = 2.70750, Lb = 2.70750
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

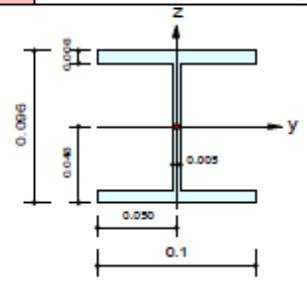
Slenderness Ratio
KL/r = 66.7 < 200.0 (Memb:4725, LCB: 2)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 19.16/5375.71 = 0.004 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 470.079/866.200 = 0.543 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.009/292.671 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.548 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.003 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.159 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	070126_5389_DH_rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 11995
Material S355 (No:2)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA100 (No:9)
(Rolled : HEA100).
Member Length : 1.30429



Depth	0.09600	Web Thick	0.00500
Top F Width	0.10000	Top F Thick	0.00800
Bot.F Width	0.10000	Bot.F Thick	0.00800
Area	0.00212	Asz	0.00048
Qyb	0.00784	Qzb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.04800
Wely	0.00007	Welz	0.00003
ry	0.04060	rz	0.02510

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -103.73 (LCB: 67-, POS:1/2)
Bending Moments My = 0.03470, Mz = 0.00000
End Moments Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Lb)
Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 69-, POS:I)
Fzz = 0.13836 (LCB: 41, POS:J)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.30429, Lz = 1.30429, Lb = 1.30429
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

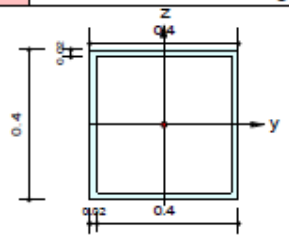
Slenderness Ratio
KL/r = 58.4 < 200.0 (Memb:6634, LCB: 2)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 103.733/528.244 = 0.196 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 0.0347/28.0619 = 0.001 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.0000/13.6929 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.197 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.000 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.001 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	070126_5389_DH_rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 15145
Material S355 (No:2)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name RHS-HF 400X400X20 (No:17)
(Built-up Section).
Member Length : 9.13000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -107.09 (LCB: 8, POS:I)
Bending Moments My = -1130.6, Mz = 16.1685
End Moments Myi = -1130.6, Myj = -450.17 (for Lb)
Myi = -1130.6, Myj = -36.023 (for Ly)
Mzi = 16.1685, Mzj = -1.5331 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 62.6229 (LCB: 67+, POS:J)
Fzz = -525.35 (LCB: 2, POS:I)

Depth	0.40000	Web Thick	0.02000
Flg Width	0.40000	Top F Thick	0.02000
Web Center	0.38000	Bot.F Thick	0.02000
Area	0.03040	Asz	0.01600
Qyb	0.05420	Qzb	0.05420
Iyy	0.00073	Izz	0.00073
Ybar	0.20000	Zbar	0.20000
Wely	0.00367	Welz	0.00367
ry	0.15535	rz	0.15535

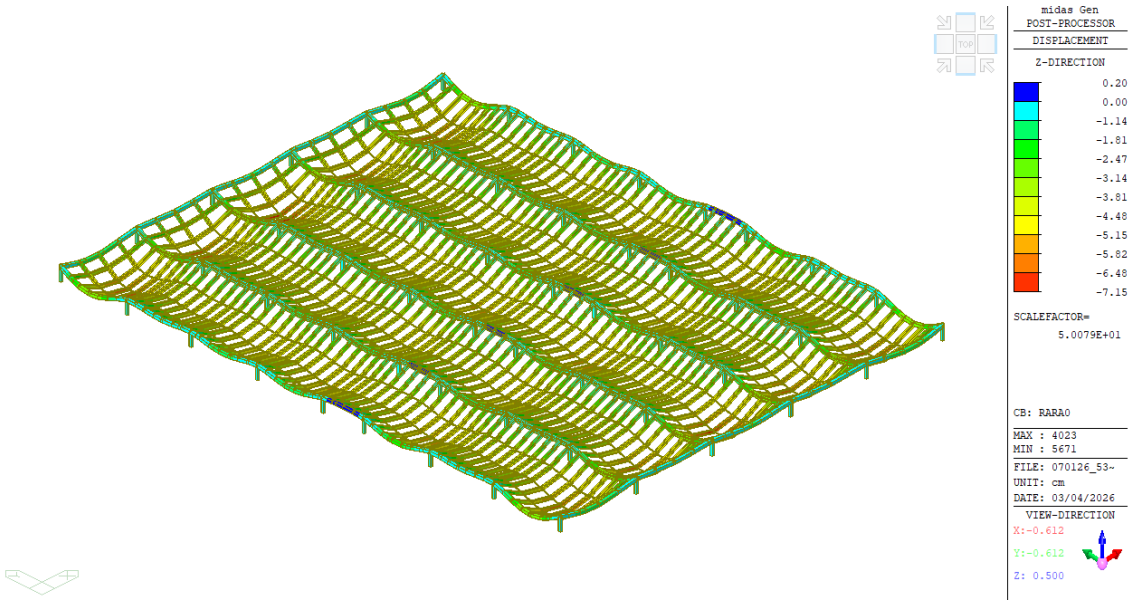
3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 2.43000, Lz = 1.30429, Lb = 1.30429
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

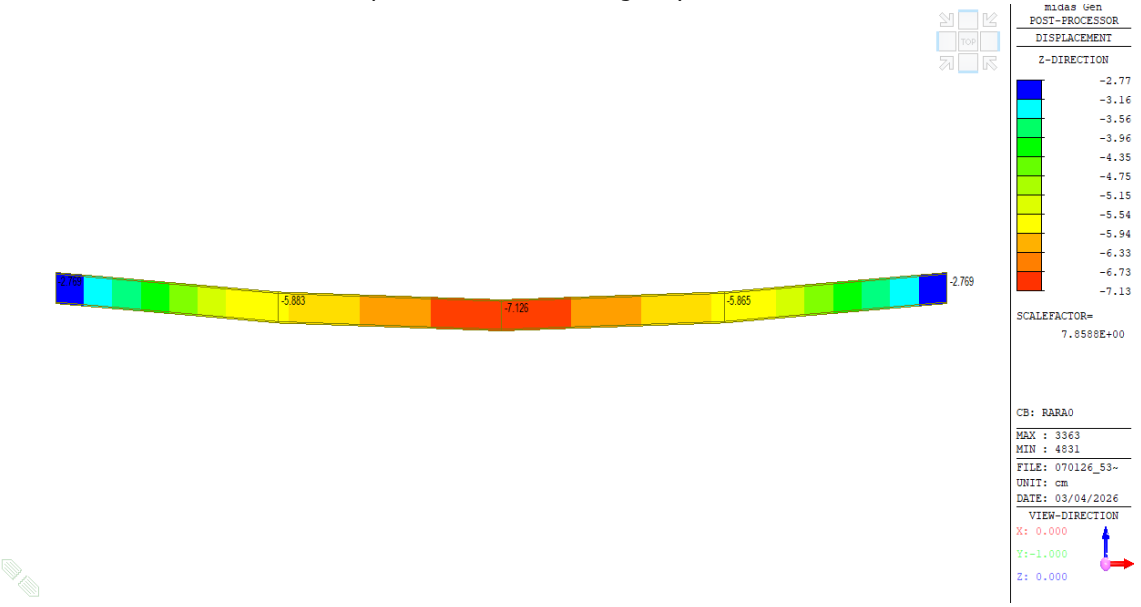
4. Checking Result

Slenderness Ratio
KL/r = 18.5 < 200.0 (Memb:15430, LCB: 2)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 107.1/10278.1 = 0.010 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 1130.62/1465.98 = 0.771 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 16.17/1465.98 = 0.011 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.786 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.020 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.156 < 1.000 ..... O.K

Verifiche in esercizio

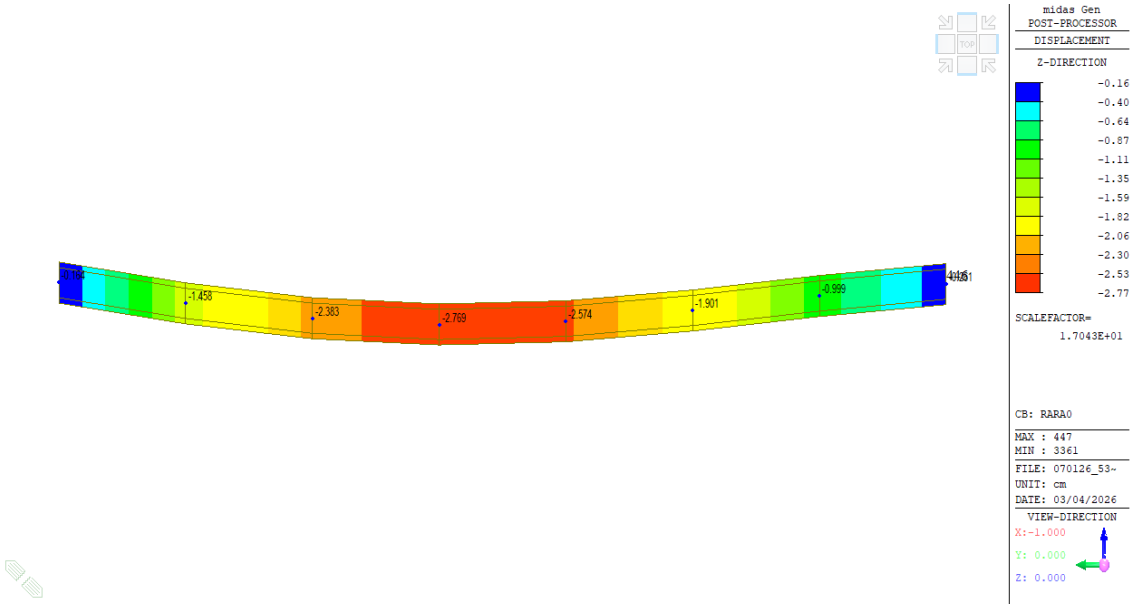


Spostamento verticale – gantry esterno



Trave secondaria più caricata

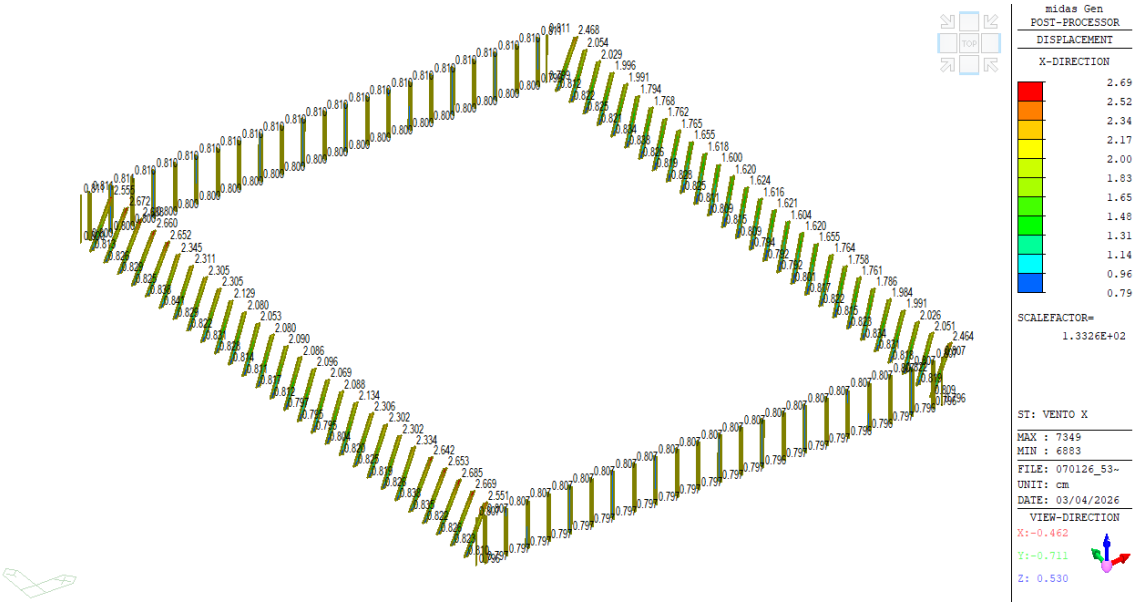
D_{max} = 11.2/250=11.2/250=4.48cm
D = 7.126-2.769+2.769/2=4.36cm



Trave principal più caricata

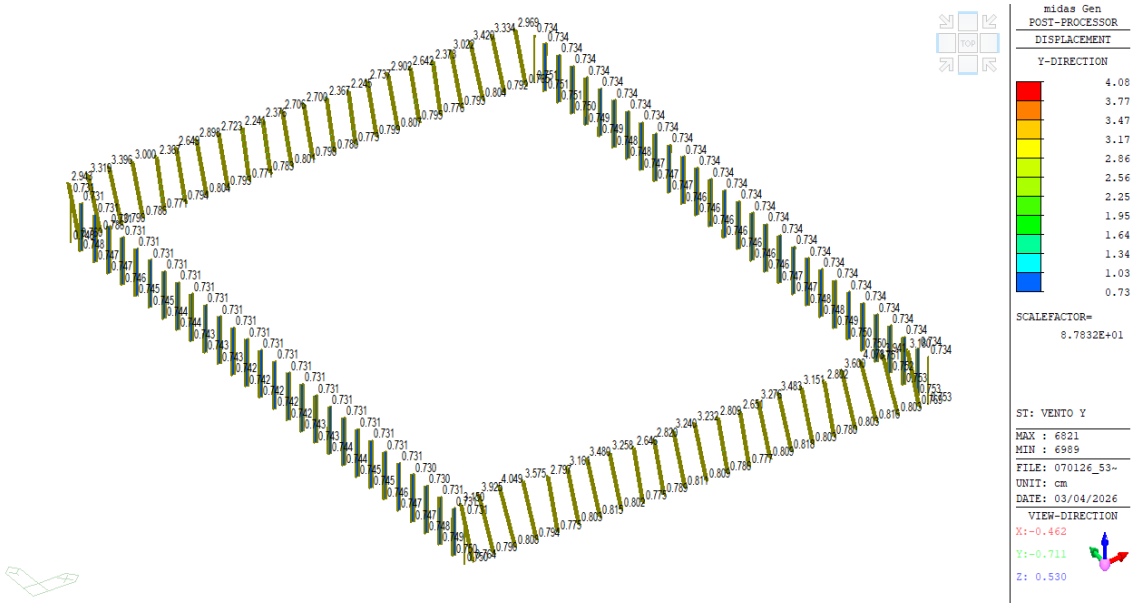
D_{max} = 9.44/250=3.77cm
D = 2.769-0.164+0.161/2=2.61cm

Barriera acustica spostamento orizzontale



Spostamento del vento in direzione x

D_{max} = L/150=3.67cm
D = 2.667-0.808=1.859cm



Spostamento del vento in direzione y

D_{max} = L/150=3.67cm
D = 4.05-0.81=3.24cm

14. UFFICI

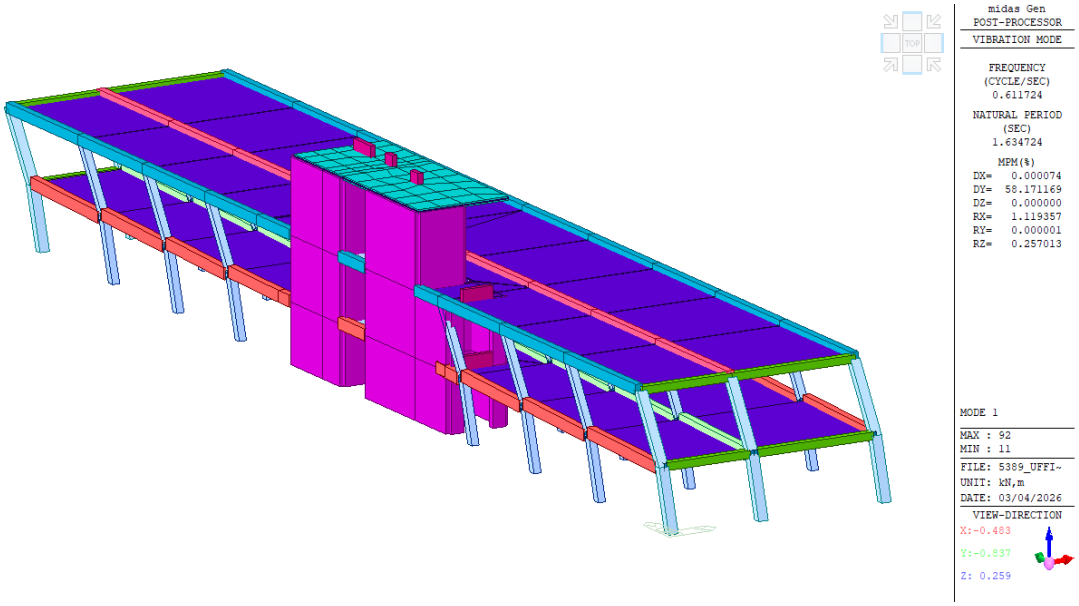
14.1. Analisi modale

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in termini di forme modali, inviluppo delle azioni interne, spostamenti, cicli isteretici dei dispositivi, verifiche strutturali.

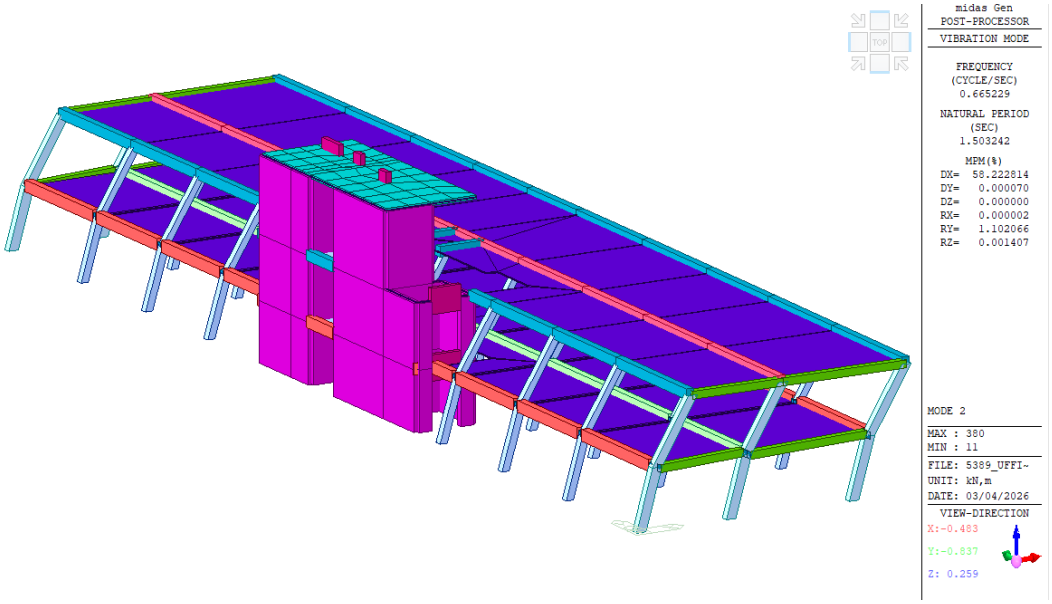
Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
EIGENVALUE ANALYSIS							
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance		
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)			
	1	3.8436	0.6117	1.6347	0.0000e+00		
	2	4.1798	0.6652	1.5032	0.0000e+00		
	3	5.0418	0.8024	1.2462	0.0000e+00		
	4	18.7964	2.9915	0.3343	0.0000e+00		
	5	19.6083	3.1208	0.3204	0.0000e+00		
	6	19.9709	3.1785	0.3146	0.0000e+00		
	7	24.5975	3.9148	0.2554	0.0000e+00		
	8	30.7045	4.8868	0.2046	0.0000e+00		
	9	42.1755	6.7124	0.1490	3.5091e-163		
	10	49.4108	7.8640	0.1272	9.3885e-145		
	11	51.6918	8.2270	0.1216	7.1920e-139		
	12	56.9274	9.0603	0.1104	8.3546e-129		
	13	62.8706	10.0062	0.0999	1.8369e-116		
	14	63.4915	10.1050	0.0990	4.9407e-116		
	15	64.3196	10.2368	0.0977	1.2924e-114		
	16	68.8955	10.9651	0.0912	5.1255e-109		
	17	75.1716	11.9639	0.0836	2.1774e-100		
	18	86.2395	13.7254	0.0729	9.4338e-86		
	19	89.9664	14.3186	0.0698	5.3424e-81		
	20	100.1359	15.9371	0.0627	8.1795e-67		

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0001	0.0001	58.1712	58.1712	0.0000	0.0000	1.1194	1.1194	0.0000	0.0000	0.2570	0.2570
2	58.2228	58.2229	0.0001	58.1712	0.0000	0.0000	0.0000	1.1194	1.1021	1.1021	0.0014	0.2584
3	0.0022	58.2250	0.0012	58.1724	0.0000	0.0000	0.0000	1.1194	0.0001	1.1021	71.2651	71.5235
4	5.5243	63.7494	0.0243	58.1967	0.0000	0.0000	0.0586	1.1780	14.4589	15.5611	0.0000	71.5235
5	0.0194	63.7688	20.8632	79.0599	0.0000	0.0000	48.2705	49.4485	0.0379	15.5989	0.0676	71.5911
6	12.9269	76.6957	0.0860	79.1459	0.0000	0.0000	0.2019	49.6503	28.2873	43.8863	0.0012	71.5923
7	0.0076	76.7034	0.0009	79.1468	0.0000	0.0000	0.0023	49.6526	0.0178	43.9041	24.6122	96.2045
8	2.4134	79.1168	0.0009	79.1478	0.0000	0.0000	0.0021	49.6547	5.6810	49.5851	0.0015	96.2060
9	0.0008	79.1176	0.0024	79.1502	0.0000	0.0000	0.0055	49.6602	0.0006	49.5857	0.8025	97.0085
10	0.0122	79.1298	0.0000	79.1502	0.0000	0.0000	0.0000	49.6602	0.0313	49.6170	0.0011	97.0096
11	0.0002	79.1300	0.0004	79.1505	0.0000	0.0000	0.0015	49.6617	0.0000	49.6170	0.1044	97.1140
12	12.2655	91.3955	0.0041	79.1546	0.0000	0.0000	0.0165	49.6782	17.7736	67.3907	0.0630	97.1770
13	0.1224	91.5179	0.9257	80.0803	0.0000	0.0000	2.5263	52.2045	2.2291	69.6197	0.3477	97.5247
14	0.0005	91.5185	0.0000	80.0803	0.0000	0.0000	0.0001	52.2045	0.0025	69.6222	0.0001	97.5249
15	0.3322	91.8506	0.5071	80.5874	0.0000	0.0000	1.3001	53.5047	2.9041	72.5263	0.0093	97.5342
16	0.0159	91.8665	0.0002	80.5877	0.0000	0.0000	0.0004	53.5051	0.0403	72.5666	0.0019	97.5361
17	0.4318	92.2983	3.7270	84.3147	0.0000	0.0000	8.5074	62.0125	3.1200	75.6866	0.0524	97.5885
18	0.0000	92.2983	0.0001	84.3148	0.0000	0.0000	0.0024	62.0149	0.0002	75.6867	0.0259	97.6144
19	0.0007	92.2991	0.0000	84.3148	0.0000	0.0000	0.0000	62.0149	0.0012	75.6879	0.0001	97.6146
20	0.0005	92.2995	0.0016	84.3163	0.0000	0.0000	0.0139	62.0288	0.0011	75.6890	0.0005	97.6151

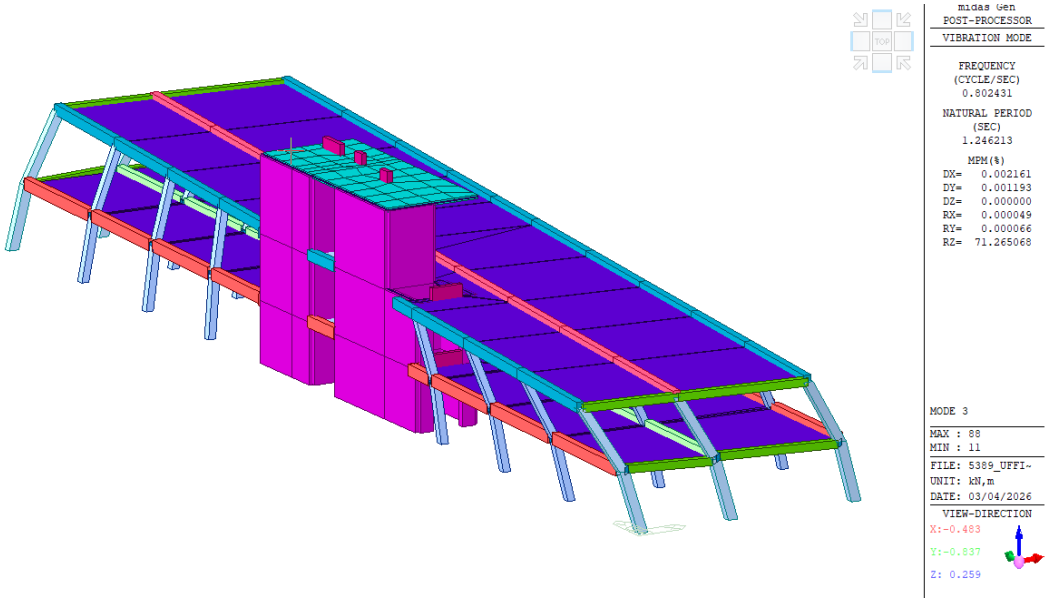
Massa sismica, periodi di vibrazione e masse partecipanti


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.611724
NATURAL PERIOD
(SEC)
1.634724
MPM(%)
DX= 0.000074
DY= 58.171169
DZ= 0.000000
RX= 1.119357
RY= 0.000001
RZ= 0.257013
MODE 1
MAX : 92
MIN : 11
FILE: 5389_UFFI~
UNIT: kN,m
DATE: 03/04/2026
VIEW-DIRECTION
X:-0.483
Y:-0.837
Z: 0.259

Modo 1


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE
FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.665229
NATURAL PERIOD
(SEC)
1.503242
MPM(%)
DX= 58.222814
DY= 0.000070
DZ= 0.000000
RX= 0.000002
RY= 1.102066
RZ= 0.001407
MODE 2
MAX : 380
MIN : 11
FILE: 5389_UFFI~
UNIT: kN,m
DATE: 03/04/2026
VIEW-DIRECTION
X:-0.483
Y:-0.837
Z: 0.259

Modo 2



Modo 3

14.2. Effetti del secondo ordine

Al fine di valutare la sensibilità della struttura agli effetti di secondo ordine, si è fatto riferimento al paragrafo 7.3.1 del NTC2018.

In particolare, per le costruzioni civili e industriali, le non linearità geometriche possono essere trascurate se:

$$\theta = [P * d_{Er}] / [V * h] \leq 0.1$$

dove:

- - P è il carico verticale totale che agisce sul piano in questione e sulla struttura sovrastante;
- - d_{Er} è lo spostamento orizzontale medio tra i piani, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale del solaio considerato e lo spostamento orizzontale del solaio immediatamente sottostante;
- - V è la forza orizzontale totale che agisce sul solaio;
- - h è la distanza tra il solaio in questione e quello immediatamente sottostante.

Le tabelle seguenti riportano i valori del coefficiente di stabilità per ciascun piano e nelle due direzioni principali dell'edificio. La valutazione è effettuata con riferimento all'analisi dinamica lineare con spettro di progetto elastico.

	Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
	q=1, le=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/le/Scale Factor/Beta!											
▶	telaio	SLC X(RS)	2F	5.05	22506.0029	4188.3118	0.0597	1.0000	0.0635	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC X(RS)	1F	4.75	65105.0110	7703.3159	0.0271	1.0000	0.0482	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	3F	5.95	5722.9566	1599.2705	0.0005	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	2F	5.05	11429.1115	3042.4944	0.0004	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	1F	4.75	18254.6668	8562.2605	0.0003	1.0000	0.0002	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC Y(RS)	2F	5.05	22506.0029	59.8513	0.0002	1.0000	0.0136	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC Y(RS)	1F	4.75	65105.0110	129.8160	0.0001	1.0000	0.0114	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	3F	5.95	5722.9566	409.1058	0.0001	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	2F	5.05	11429.1115	425.8544	0.0001	1.0000	0.0007	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	1F	4.75	18254.6668	406.3805	0.0000	1.0000	0.0004	0.3000	OK	1.0000

Direzione X

	Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
	q=1, le=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/le/Scale Factor/Beta!											
▶	telaio	SLC X(RS)	2F	5.05	22506.0029	59.9276	0.0002	1.0000	0.0154	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC X(RS)	1F	4.75	65105.0110	129.8090	0.0001	1.0000	0.0115	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	3F	5.95	5722.9566	216.9712	0.0001	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	2F	5.05	11429.1115	338.7200	0.0000	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC X(RS)	1F	4.75	18254.6668	406.3805	0.0000	1.0000	0.0002	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC Y(RS)	2F	5.05	22506.0029	4252.5382	0.0652	1.0000	0.0683	0.3000	OK	1.0000
	telaio	SLC Y(RS)	1F	4.75	65105.0110	8127.8583	0.0295	1.0000	0.0498	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	3F	5.95	5722.9566	683.6675	0.0001	1.0000	0.0002	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	2F	5.05	11429.1115	1087.3711	0.0001	1.0000	0.0003	0.3000	OK	1.0000
	Base	SLC Y(RS)	1F	4.75	18254.6668	8227.5408	0.0001	1.0000	0.0000	0.3000	OK	1.0000

Direzione Y

Poiché il coefficiente di stabilità non è superiore a 0,1, gli effetti di secondo ordine sono trascurabili.

14.3. Requisiti relativi al vento

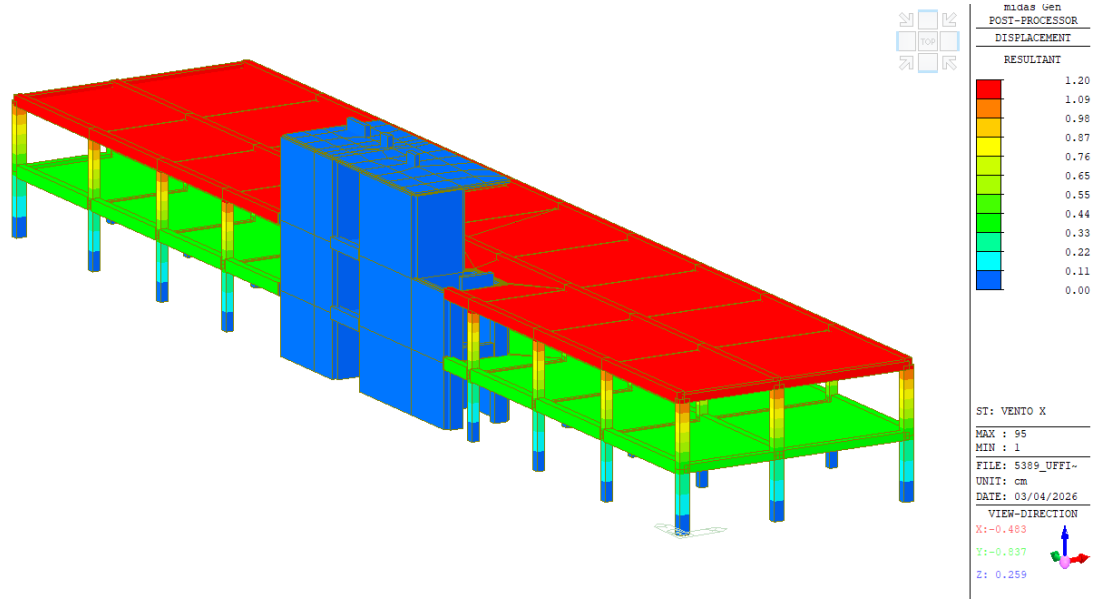
In conformità con quanto richiesto dal Cliente, si fa riferimento al documento "STEER-BWE-XX-XX-RP-N-00004" pubblicato il 16/10/2023; si verificherà che il drift di piano non superi H/400 e che il drift totale non superi H/500 sotto l'azione del vento.

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
						Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, q=1, le=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.0025 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/le/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!															
telaio	Vento X	2F	5.05	1.00	0.0025	62	-0.0082	-0.0082	-0.0016	OK	-0.0080	-0.0080	1.0205	-0.0016	OK
telaio	Vento X	1F	4.75	1.00	0.0025	12	-0.0038	-0.0038	-0.0008	OK	-0.0037	-0.0037	1.0341	-0.0008	OK
Base	Vento X	3F	5.95	1.00	0.0025	151	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	0.1493	-0.0000	OK
Base	Vento X	2F	5.05	1.00	0.0025	135	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	0.4132	-0.0000	OK
Base	Vento X	1F	4.75	1.00	0.0025	105	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	0.1868	-0.0000	OK
telaio	Vento Y	2F	5.05	1.00	0.0025	55	0.0010	0.0010	0.0002	OK	0.0009	0.0009	1.0503	0.0002	OK
telaio	Vento Y	1F	4.75	1.00	0.0025	12	0.0007	0.0007	0.0001	OK	0.0006	0.0006	1.1016	0.0001	OK
Base	Vento Y	3F	5.95	1.00	0.0025	145	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	3.4043	-0.0000	OK
Base	Vento Y	2F	5.05	1.00	0.0025	127	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	2.3813	-0.0000	OK
Base	Vento Y	1F	4.75	1.00	0.0025	109	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	29.4300	-0.0000	OK

Direzione X

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
						Node	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, q=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.0025 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!															
telaio	Vento X	2F	5.05	1.00	0.0025	55	0.0001	0.0001	0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	499.2604	-0.0000	OK
telaio	Vento X	1F	4.75	1.00	0.0025	21	0.0001	0.0001	0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	1153.2315	-0.0000	OK
Base	Vento X	3F	5.95	1.00	0.0025	137	0.0000	0.0000	0.0000	OK	0.0000	0.0000	1.2584	0.0000	OK
Base	Vento X	2F	5.05	1.00	0.0025	123	-0.0000	-0.0000	-0.0000	OK	0.0000	0.0000	12.9890	0.0000	OK
Base	Vento X	1F	4.75	1.00	0.0025	109	0.0000	0.0000	0.0000	OK	-0.0000	-0.0000	10.5747	-0.0000	OK
telaio	Vento Y	2F	5.05	1.00	0.0025	55	0.0024	0.0024	0.0005	OK	0.0024	0.0024	1.0084	0.0005	OK
telaio	Vento Y	1F	4.75	1.00	0.0025	1	0.0011	0.0011	0.0002	OK	0.0011	0.0011	1.0470	0.0002	OK
Base	Vento Y	3F	5.95	1.00	0.0025	145	0.0000	0.0000	0.0000	OK	0.0000	0.0000	0.2804	0.0000	OK
Base	Vento Y	2F	5.05	1.00	0.0025	129	0.0000	0.0000	0.0000	OK	0.0000	0.0000	0.3810	0.0000	OK
Base	Vento Y	1F	4.75	1.00	0.0025	112	0.0000	0.0000	0.0000	OK	0.0000	0.0000	0.2587	0.0000	OK

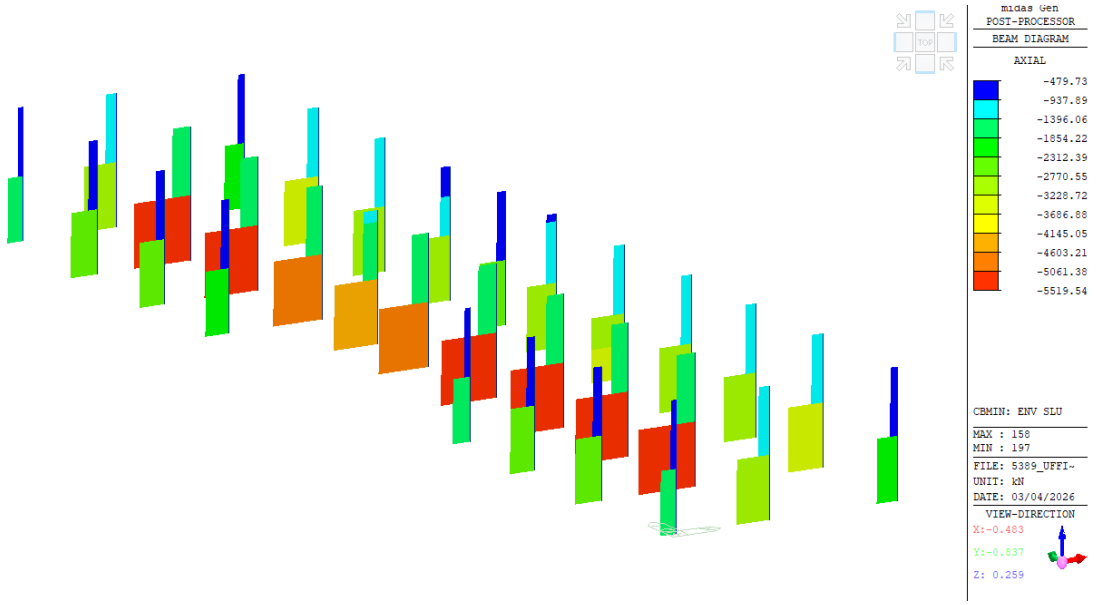
Direzione Y



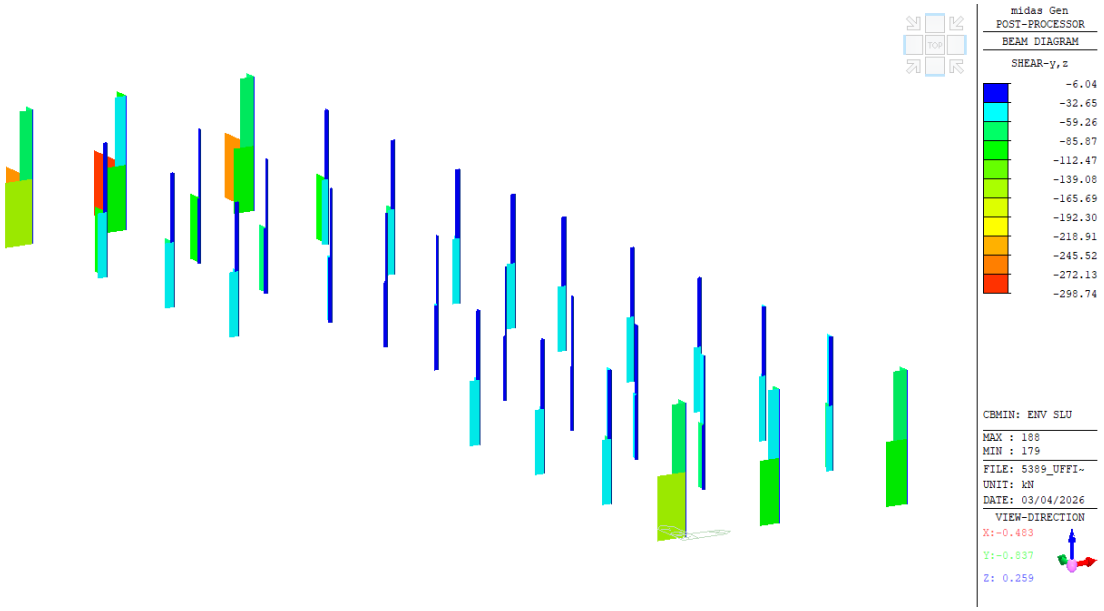
limite drift [h/500]	1.96	cm

La tabella precedente mostra che la verifica è soddisfatta.

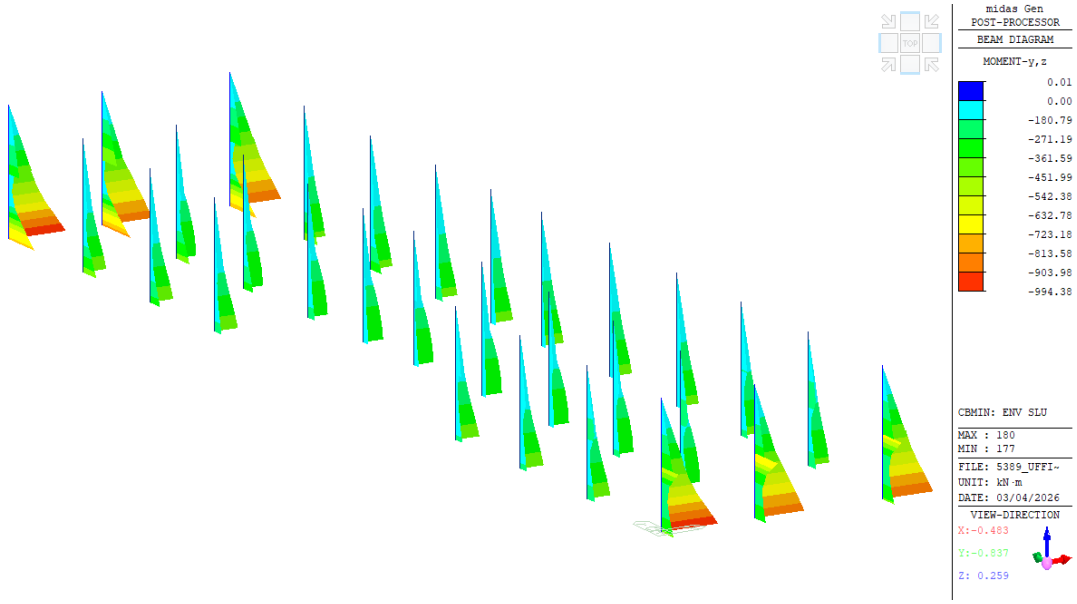
14.4. Forze interne SLU



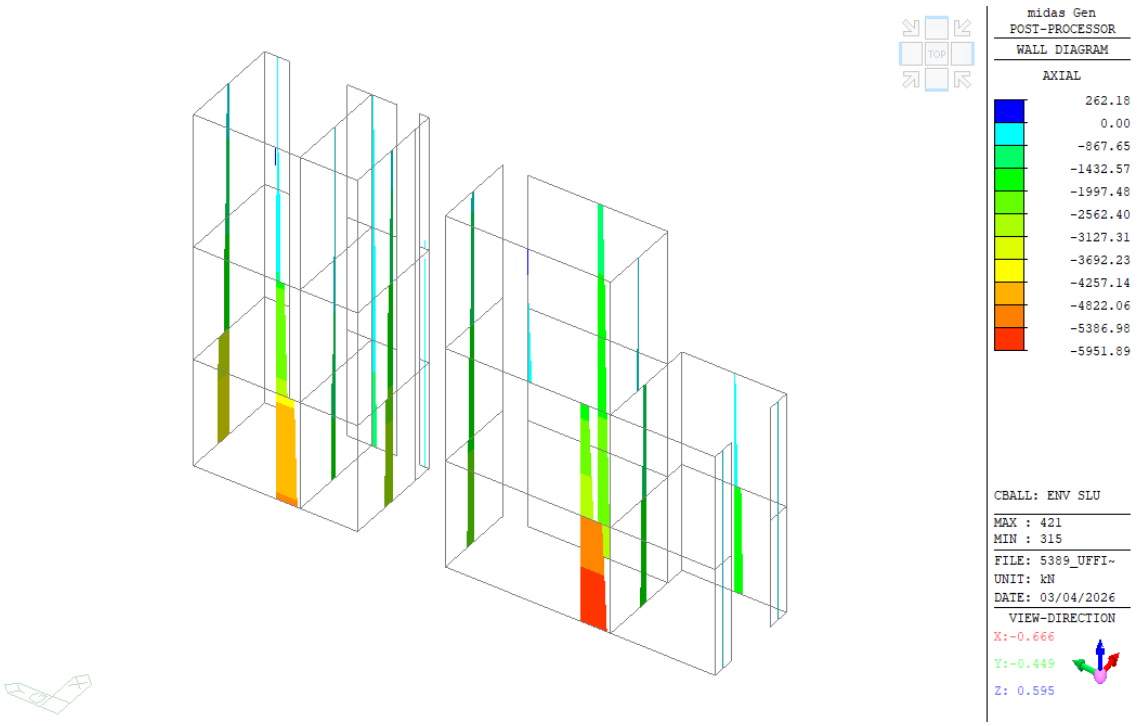
Colonne: inviluppo azione assiale - SLU



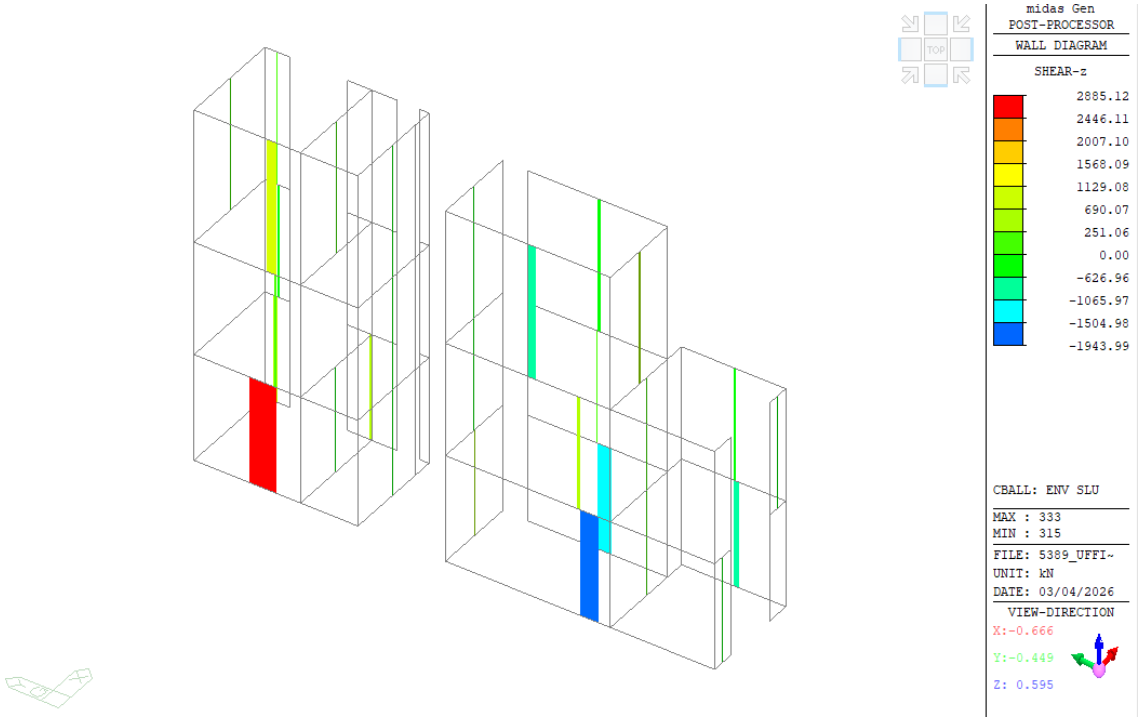
Colonne: inviluppo azione di taglio - SLU



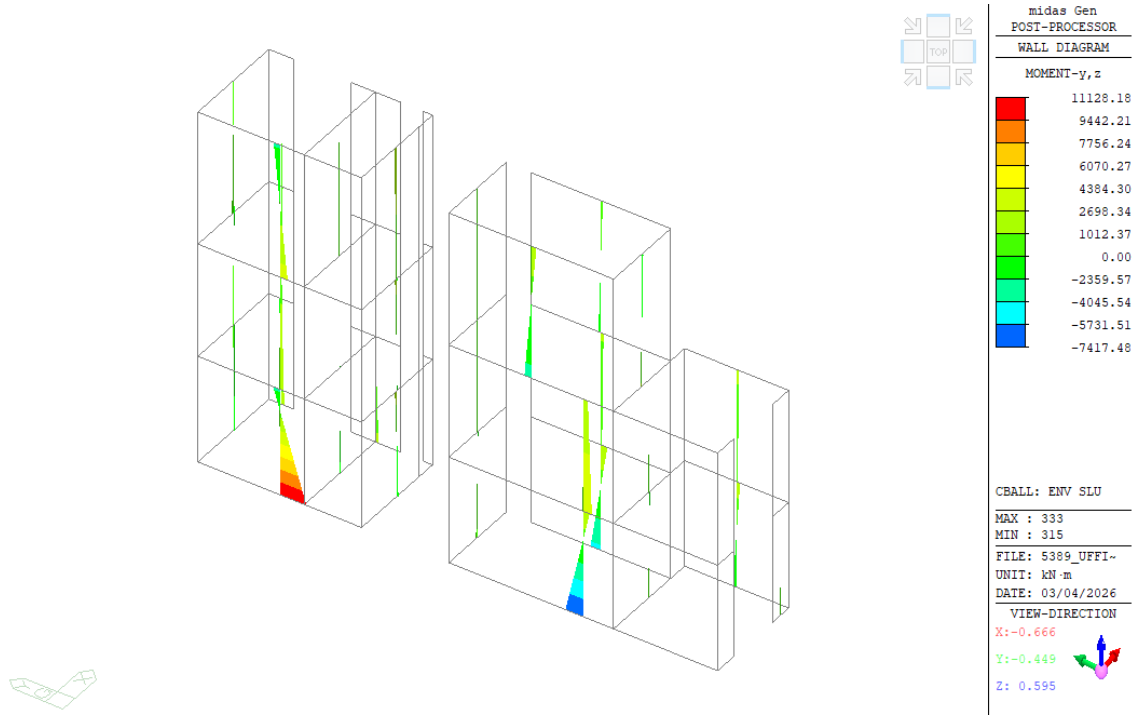
Colonne: inviluppo del momento flettente – SLU



Pareti: inviluppo della forza assiale - SLU

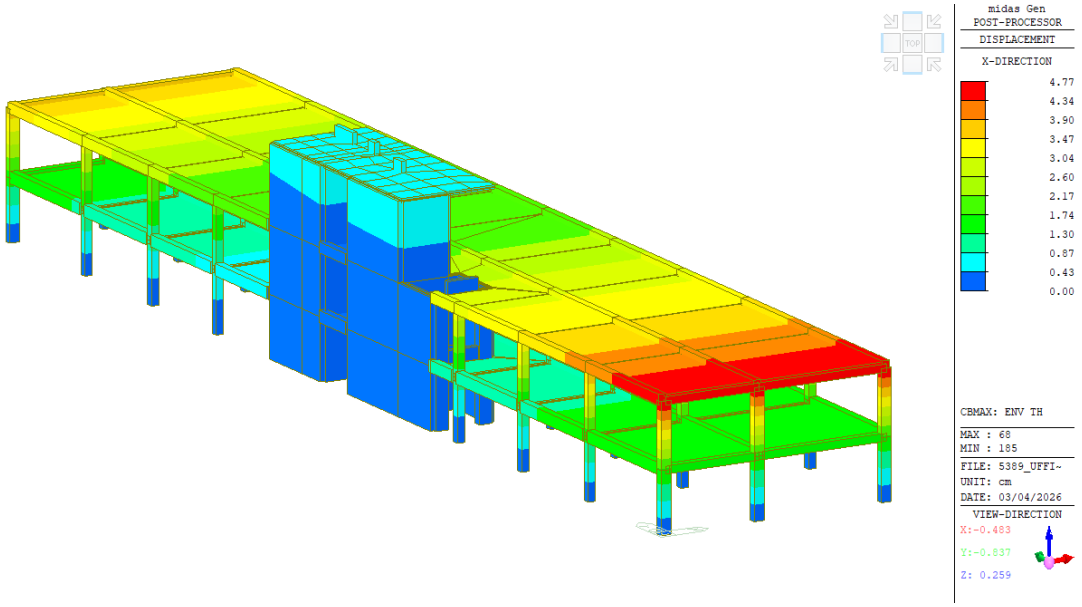


Pareti: inviluppo azione di taglio - SLU

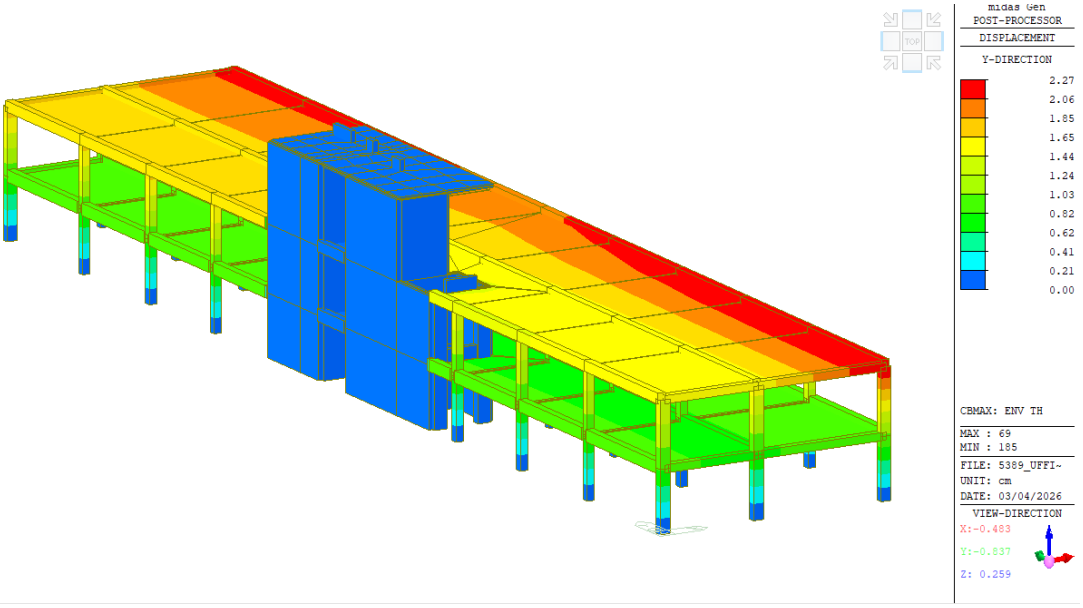


Pareti: inviluppo momento flettente – SLU

14.5. Spostamenti non lineari time history

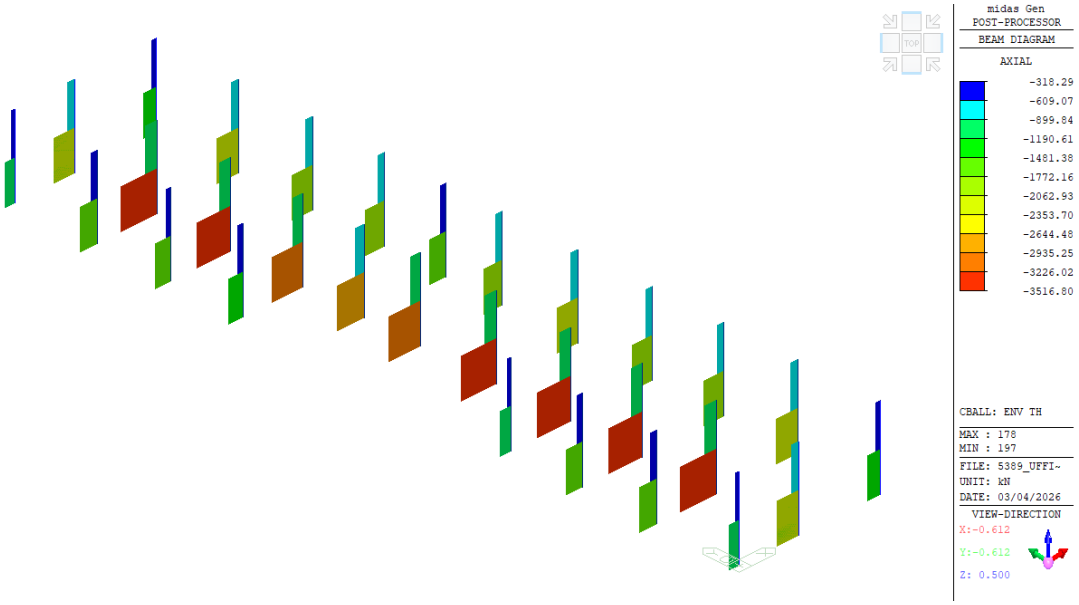


Inviluppo spostamento in direzione X– time history

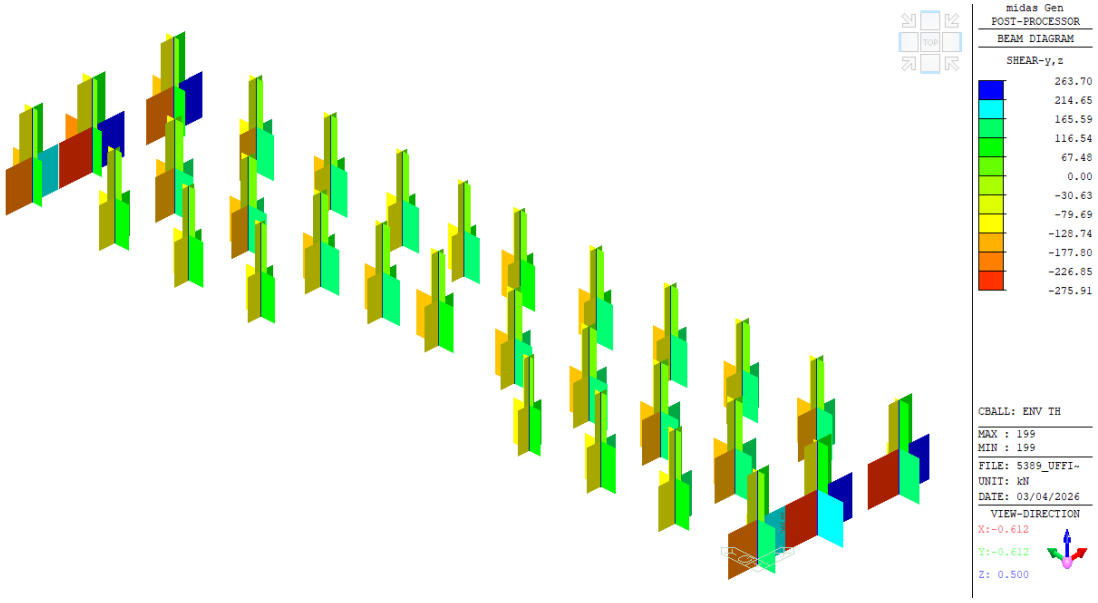


Inviluppo spostamento in direzione Y– time history

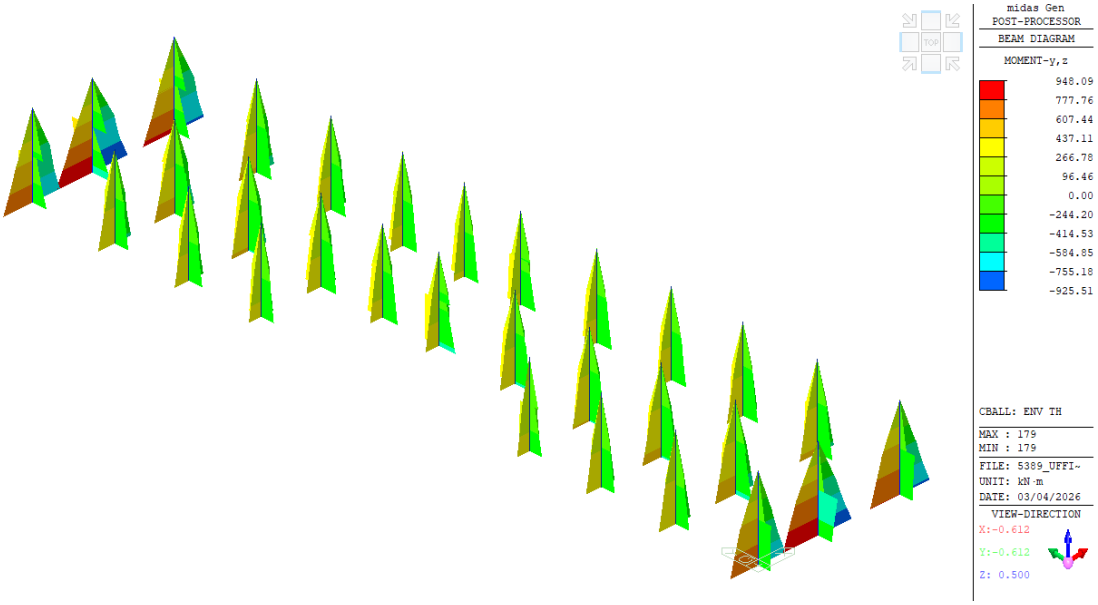
14.6. Forze interne – non lineari time history



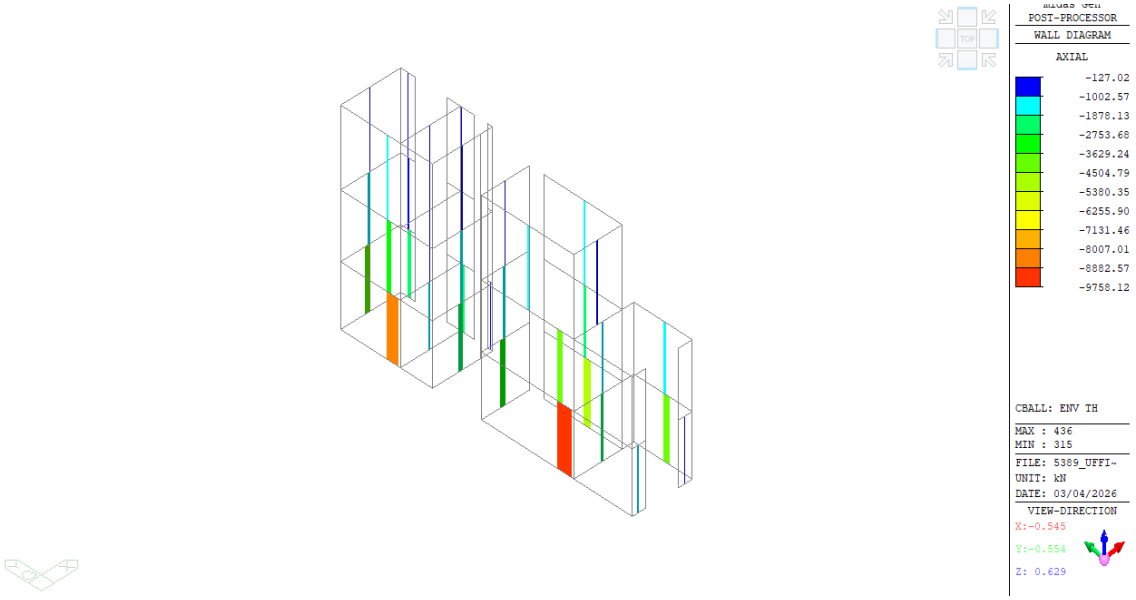
Colonne: inviluppo azione assiale – time history



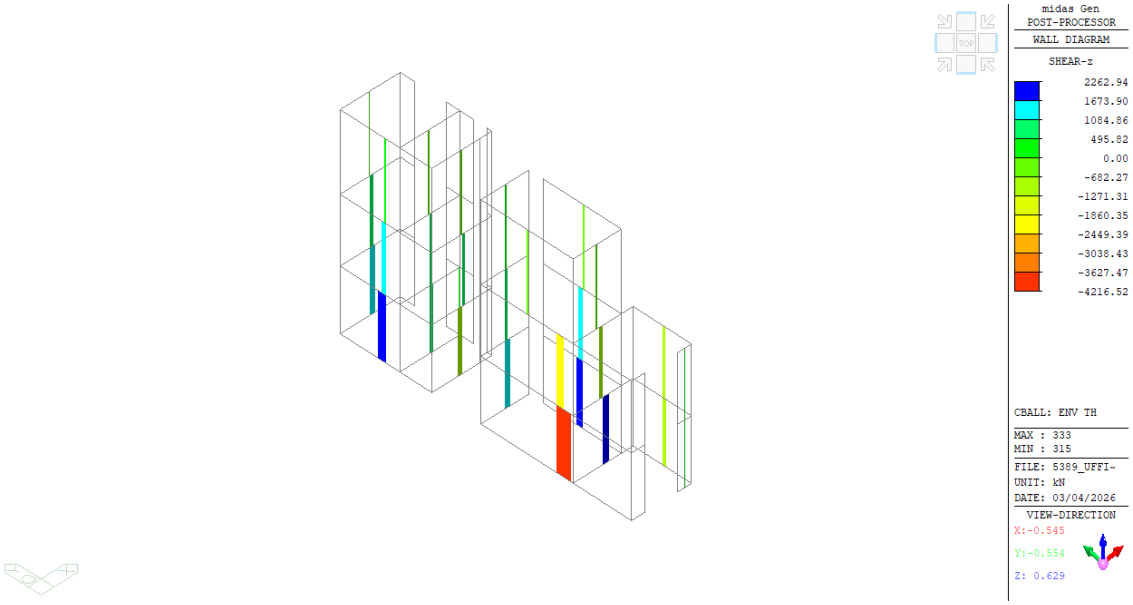
Colonne: inviluppo azione di taglio - time history



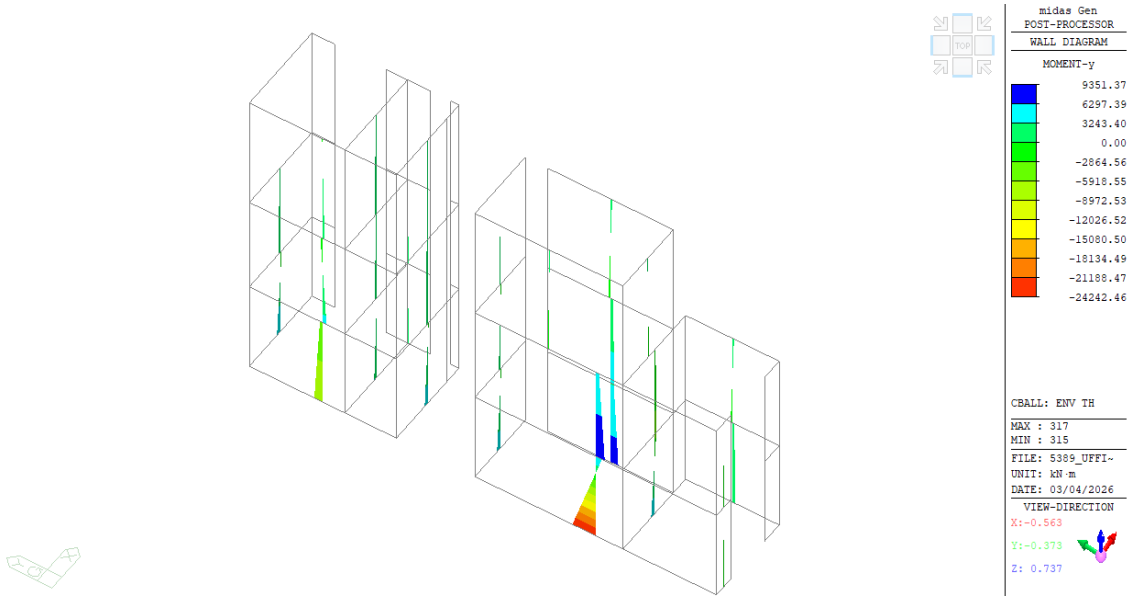
Colonne: inviluppo momento flettente – time history



Pareti: inviluppo azione assiale - time history

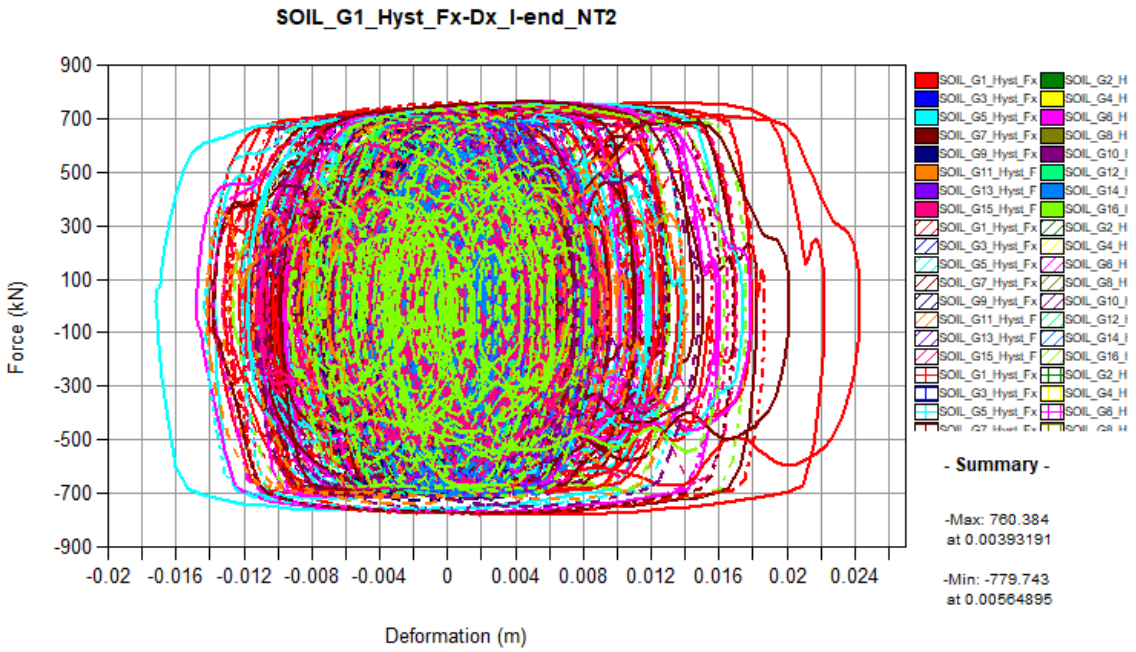


Pareti: inviluppo azione di taglio - time history

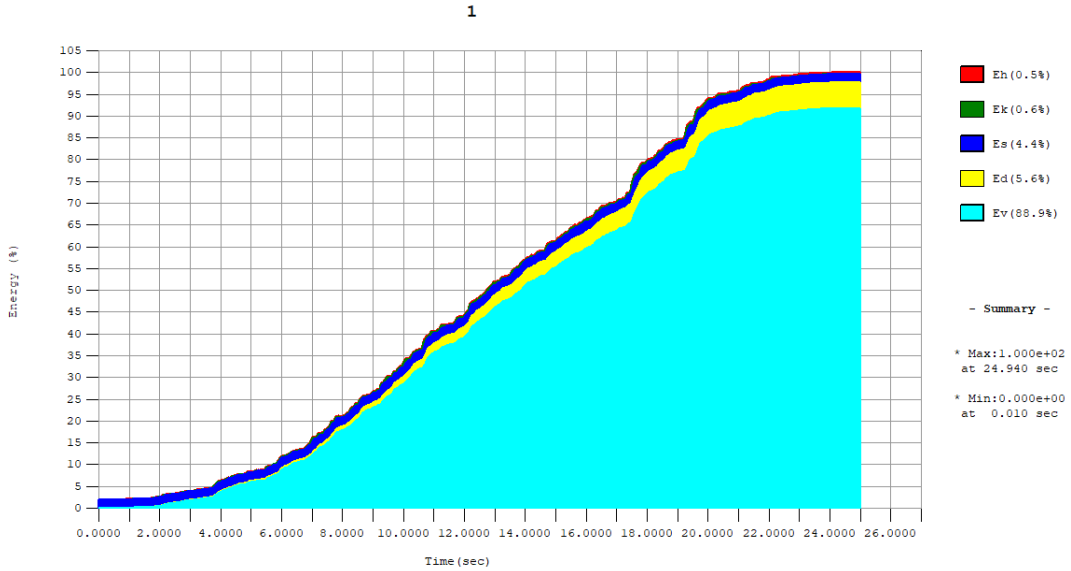


Pareti: inviluppo momento flettente – time history

14.7. Cicli isteretici dei dispositivi



Cicli isteretici dei dispositivi



In particolare:

- E_i energia ingresso;
- E_h energia dissipata per la deformazione plastica dei materiali (cerniere plastiche);

- E_k energia cinetica;
- E_s energia di deformazione elastica;
- E_d energia dissipata per viscosità lineare;
- E_v energia dissipata viscosità non lineare.

La forza massima che agisce sui dispositivi in SLC è pari a circa 780 kN. Lo spostamento massimo del dispositivo in SLC è di +/-24 mm.

14.8. Verifica di operatività (RIG)

In base alle prestazioni sismiche definite nei capitoli precedenti, è necessario garantire la funzionalità della struttura per un livello di azione sismica corrispondente a un periodo di ritorno pari a 1950 anni. Come già accennato, a titolo di sicurezza, tale verifica viene effettuata per un livello di azione sismica con un periodo di ritorno di 2475 anni. Questo requisito, secondo le NTC18, viene verificato con riferimento agli spostamenti relativi tra piani (drift inter-piano).

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.00333 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!										
telaio	1(all)	2F	5.05	1/300	-	19.4800	0.0144	0.0144	0.0029	OK
telaio	1(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3700	0.0088	0.0088	0.0019	OK
Base	1(all)	3F	5.95	1/300	-	19.6500	0.0044	0.0044	0.0007	OK
Base	1(all)	2F	5.05	1/300	-	19.6600	-0.0026	-0.0026	-0.0005	OK
Base	1(all)	1F	4.75	1/300	-	19.6500	-0.0018	-0.0018	-0.0004	OK
telaio	2(all)	2F	5.05	1/300	-	19.4900	0.0148	0.0148	0.0029	OK
telaio	2(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3700	0.0092	0.0092	0.0019	OK
Base	2(all)	3F	5.95	1/300	-	19.6500	0.0046	0.0046	0.0008	OK
Base	2(all)	2F	5.05	1/300	-	19.6600	-0.0027	-0.0027	-0.0005	OK
Base	2(all)	1F	4.75	1/300	-	19.6500	-0.0018	-0.0018	-0.0004	OK
telaio	3(all)	2F	5.05	1/300	-	19.5700	0.0137	0.0137	0.0027	OK
telaio	3(all)	1F	4.75	1/300	-	19.4400	0.0087	0.0087	0.0018	OK
Base	3(all)	3F	5.95	1/300	-	18.4000	0.0030	0.0030	0.0005	OK
Base	3(all)	2F	5.05	1/300	-	18.4100	-0.0017	-0.0017	-0.0003	OK
Base	3(all)	1F	4.75	1/300	-	18.4000	-0.0012	-0.0012	-0.0003	OK

Direzione X

Module	Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.00333 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!										
telaio	1(all)	2F	5.05	1/300	-	19.6100	0.0102	0.0102	0.0020	OK
telaio	1(all)	1F	4.75	1/300	-	17.6300	0.0073	0.0073	0.0015	OK
Base	1(all)	3F	5.95	1/300	-	19.3800	-0.0009	-0.0009	-0.0001	OK
Base	1(all)	2F	5.05	1/300	-	19.3800	0.0005	0.0005	0.0001	OK
Base	1(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3700	0.0004	0.0004	0.0001	OK
telaio	2(all)	2F	5.05	1/300	-	19.5200	0.0131	0.0131	0.0026	OK
telaio	2(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3700	0.0083	0.0083	0.0017	OK
Base	2(all)	3F	5.95	1/300	-	19.3000	-0.0011	-0.0011	-0.0002	OK
Base	2(all)	2F	5.05	1/300	-	19.3100	0.0006	0.0006	0.0001	OK
Base	2(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3000	0.0005	0.0005	0.0001	OK
telaio	3(all)	2F	5.05	1/300	-	19.5200	0.0131	0.0131	0.0026	OK
telaio	3(all)	1F	4.75	1/300	-	19.3600	0.0081	0.0081	0.0017	OK
Base	3(all)	3F	5.95	1/300	-	19.2600	-0.0009	-0.0009	-0.0002	OK
Base	3(all)	2F	5.05	1/300	-	19.2600	0.0005	0.0005	0.0001	OK
Base	3(all)	1F	4.75	1/300	-	19.2600	0.0004	0.0004	0.0001	OK

Direzione Y

Le tabelle precedenti mostrano che la verifica è soddisfatta.

14.9. Verifica di resistenza

Con riferimento all'analisi time-history, le deformazioni sia nel calcestruzzo sia nell'acciaio rimangono al di sotto del limite elastico; pertanto, le sezioni non entrano nel campo plastico.

Element	Section Position	Material	Load	Cell	Minimum		Maximum	
					ε	Time/Step	ε	Time/Step
Maximum and Minimum Strains at Each Section								

Element	Section	Load	Concrete						Steel					
			Minimum			Maximum			Minimum			Maximum		
			Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step
221	1-pos	2	1	-1.12E-03	19.37	225	1.63E-03	19.37	226	-1.02E-03	19.37	239	1.53E-03	19.37
177	1-pos	2	211	-1.02E-03	10.08	15	1.61E-03	10.08	236	-9.19E-04	10.08	229	1.51E-03	10.09
201	1-pos	1	211	-1.13E-03	17.6	15	1.55E-03	17.6	236	-1.02E-03	17.6	229	1.44E-03	17.6
221	1-pos	1	225	-1.07E-03	12.22	1	1.48E-03	12.22	239	-9.74E-04	12.22	226	1.38E-03	12.22
201	1-pos	2	211	-1.07E-03	9.53	15	1.48E-03	9.52	236	-9.66E-04	9.53	229	1.38E-03	9.52
157	1-pos	1	211	-9.87E-04	17.61	15	1.46E-03	17.61	236	-8.90E-04	17.61	229	1.36E-03	17.6
157	1-pos	3	1	-8.36E-04	20.32	225	1.43E-03	15.53	226	-7.58E-04	20.32	239	1.35E-03	15.53
221	1-pos	3	1	-9.85E-04	19.39	225	1.39E-03	19.41	226	-8.96E-04	19.39	239	1.30E-03	19.41
199	1-pos	2	1	-1.18E-03	19.37	225	1.39E-03	19.37	226	-1.09E-03	19.37	239	1.29E-03	19.37
177	1-pos	1	225	-8.85E-04	12.23	225	1.36E-03	19.36	239	-8.01E-04	12.23	239	1.28E-03	19.36
200	1-pos	2	15	-8.70E-04	10.05	211	1.36E-03	10.05	229	-7.77E-04	10.05	236	1.27E-03	10.05
201	1-pos	3	211	-9.75E-04	14.47	211	1.33E-03	15.52	236	-8.85E-04	14.47	236	1.26E-03	15.52
180	1-pos	3	211	-8.00E-04	17.52	15	1.34E-03	17.53	236	-7.19E-04	17.52	229	1.26E-03	17.53
177	1-pos	3	1	-8.36E-04	19.39	211	1.33E-03	17.59	226	-7.59E-04	19.39	236	1.26E-03	17.59
179	1-pos	1	211	-1.25E-03	17.61	15	1.36E-03	17.61	236	-1.15E-03	17.61	229	1.26E-03	17.61
202	1-pos	3	211	-7.21E-04	17.52	15	1.31E-03	17.53	236	-6.43E-04	17.52	229	1.23E-03	17.53
202	1-pos	1	211	-7.51E-04	12.95	15	1.31E-03	12.95	236	-6.68E-04	12.95	229	1.23E-03	12.95
180	1-pos	1	211	-8.25E-04	12.95	15	1.31E-03	12.95	236	-7.40E-04	12.95	229	1.22E-03	12.95

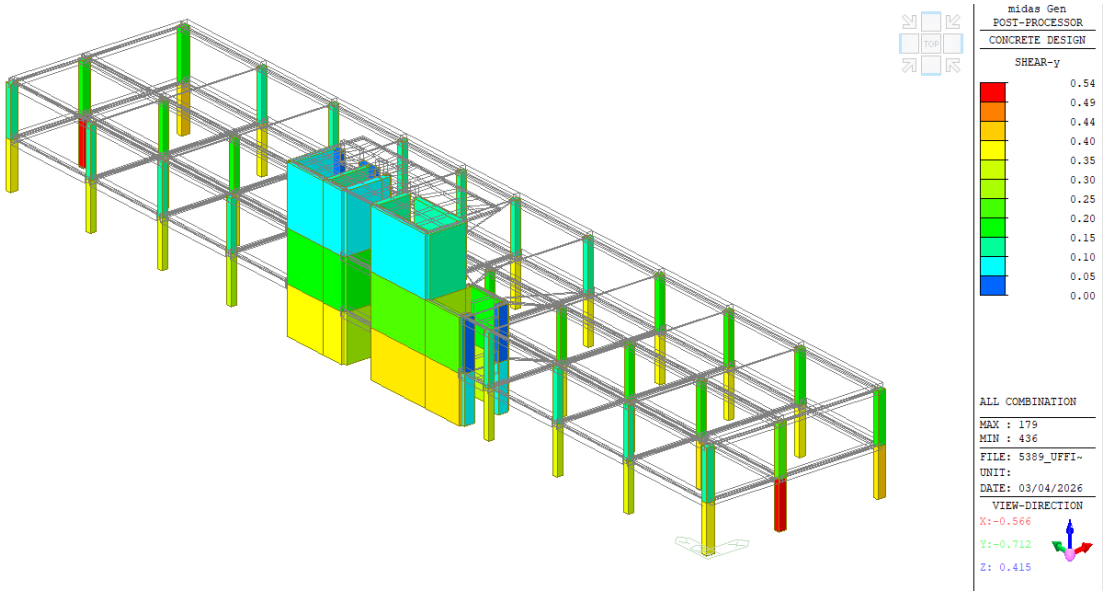
Sollecitazioni nei materiali in calcestruzzo e acciaio (elencati in ordine decrescente rispetto all'acciaio) – colonne

Story	Wall ID	Section Position	Material	Load	Cell	Minimum		Maximum	
						ε	Time/Step	ε	Time/Step
Maximum and Minimum Strains at Each Section									

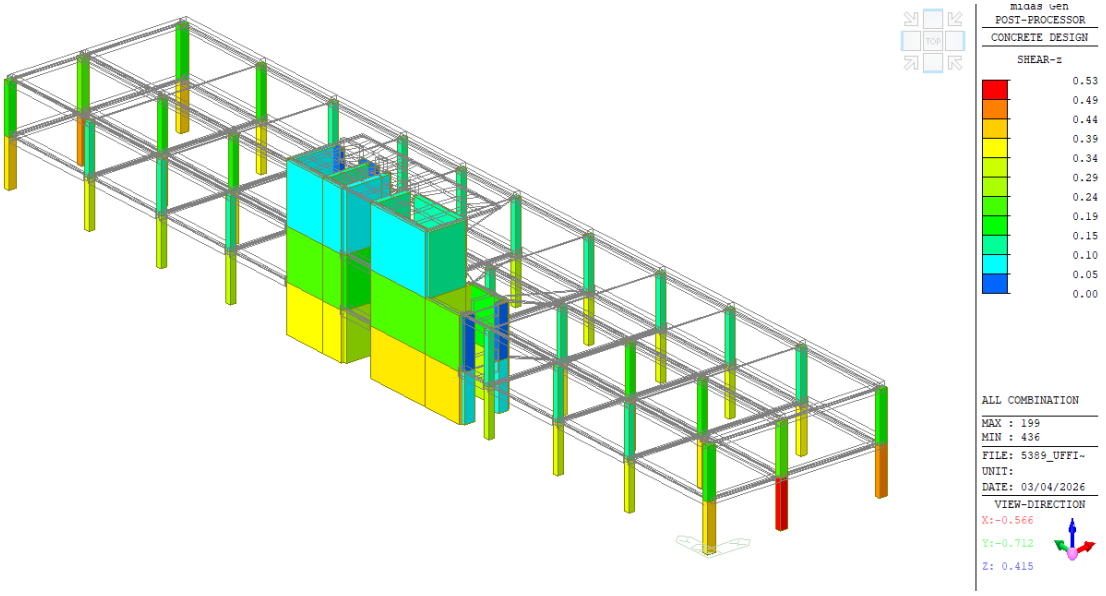
Story	Wall ID	Section	Load	Concrete						Steel					
				Minimum			Maximum			Minimum			Maximum		
				Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step	Cell	ε	Time/Step
Base:1F	6	1-pos	2	60	-3.24E-04	19.62	1	1.34E-03	19.63	107	-3.07E-04	19.62	61	1.32E-03	19.63
Base:1F	6	1-pos	1	60	-3.21E-04	19.62	1	1.31E-03	19.63	107	-3.05E-04	19.62	61	1.29E-03	19.63
Base:1F	12	1-pos	2	60	-2.86E-04	19.62	1	1.19E-03	19.63	107	-2.71E-04	19.62	61	1.18E-03	19.63
Base:1F	14	1-pos	2	1	-2.87E-04	19.33	1	1.19E-03	19.64	61	-2.79E-04	19.33	61	1.18E-03	19.64
Base:1F	12	1-pos	1	60	-2.95E-04	19.62	1	1.17E-03	19.64	107	-2.80E-04	19.62	61	1.15E-03	19.64
Base:1F	7	1-pos	2	1	-3.62E-04	19.32	1	1.13E-03	19.63	61	-3.49E-04	19.32	61	1.11E-03	19.63
Base:1F	7	1-pos	1	1	-3.05E-04	19.33	1	1.08E-03	19.63	61	-2.94E-04	19.33	61	1.07E-03	19.63
Base:1F	13	1-pos	2	60	-2.83E-04	19.62	1	1.07E-03	19.64	107	-2.69E-04	19.62	61	1.05E-03	19.64
Base:1F	14	1-pos	1	1	-2.80E-04	19.33	1	1.04E-03	19.64	61	-2.72E-04	19.33	61	1.03E-03	19.64
Base:1F	13	1-pos	1	60	-2.73E-04	19.62	1	1.01E-03	19.64	107	-2.60E-04	19.62	61	9.99E-04	19.64
Base:1F	6	1-pos	3	60	-2.68E-04	18.39	1	9.62E-04	18.4	107	-2.55E-04	18.39	61	9.49E-04	18.4
Base:1F	12	1-pos	3	60	-2.68E-04	18.39	1	8.03E-04	18.4	107	-2.57E-04	18.39	61	7.92E-04	18.4
Base:1F	7	1-pos	3	60	-2.42E-04	14.4	1	7.85E-04	18.4	97	-2.33E-04	14.4	61	7.73E-04	18.4
Base:1F	14	1-pos	3	60	-2.64E-04	14.4	1	7.73E-04	18.39	107	-2.54E-04	14.4	61	7.63E-04	18.39
Base:1F	13	1-pos	3	60	-2.29E-04	18.38	1	7.56E-04	18.4	107	-2.19E-04	18.38	61	7.46E-04	18.4
Base:1F	1	1-pos	2	1	-1.36E-04	18.08	60	4.95E-04	19.3	61	-1.35E-04	18.08	179	4.93E-04	19.3
Base:2F	6	1-pos	2	60	-1.69E-04	19.65	1	4.42E-04	19.66	107	-1.62E-04	19.65	61	4.36E-04	19.66
Base:1F	8	1-pos	2	1	-1.30E-04	18.08	60	4.28E-04	19.28	61	-1.28E-04	18.08	133	4.25E-04	19.28

Sollecitazioni nei materiali in calcestruzzo e acciaio (elencati in ordine decrescente rispetto all'acciaio) – pareti

Di seguito sono riportati i coefficienti di utilizzo delle sezioni in relazione al meccanismo di taglio, insieme alle schede di verifica degli elementi tipici sottoposti alle sollecitazioni più elevate.



Coefficiente di sicurezza a taglio y



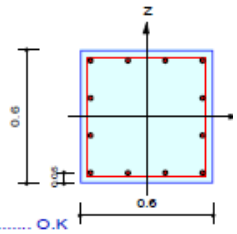
Coefficiente di sicurezza a taglio z

midas Gen **RC Column Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_UFFICI model WID UNICO_NLTH-1'

1. Design Condition

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEMkN, m
Member Number 181 (PM), 189, 197 (Shear-y,z)
Material Data : fck = 45000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 4.75 m
Section Property: Pilastro 60x60 (No : 1)
Rebar Pattern : 12 - 4 - P26 Ast = 0.006372 m² (ρst = 0.018)

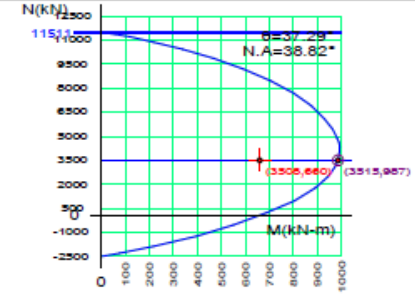


2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 43- (Pos : I)

Concentric Max. Axial Load	N.Rdmax	= 11510.9 kN	
Axial Load Ratio	N.Ed / N.Rd	= 3508.36 / 3515.21	= 0.998 < 1.000 ..... O.K
Moment Ratio	M.Ed / M.Rd	= 660.234 / 987.227	= 0.669 < 1.000 ..... O.K
	M.Edy / M.Rdy	= 526.079 / 785.379	= 0.670 < 1.000 ..... O.K
	M.Edz / M.Rdz	= 398.936 / 598.161	= 0.667 < 1.000 ..... O.K

M-N Interaction Diagram



N.Rd(kN)	M.Rd(kN-m)
11510.91	0.00
10896.04	218.14
9877.11	466.83
8482.49	705.81
6907.22	876.22
5451.85	964.47
4608.67	992.43
3869.22	991.58
2540.55	950.10
998.03	804.88
-524.97	551.83
-1866.67	219.35
-2493.39	0.00

3. Shear Capacity

[END]	y (LCB : 42-, POS : J)	z (LCB : 44+, POS : J)
Applied Shear Force (V.Ed)	164.807 kN	161.202 kN
V.Ed / V.Rdc	164.807 / 0.00000 = 0.000	161.202 / 0.00000 = 0.000
V.Ed / V.Rds	164.807 / 378.737 = 0.435	161.202 / 378.737 = 0.426
V.Ed / V.Rdmax	164.807 / 1315.25 = 0.125	161.202 / 1315.25 = 0.123
Shear Ratio	0.435 < 1.000 ..... O.K	0.426 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

[MIDDLE]	y (LCB : 42-, POS : 1/2)	z (LCB : 44+, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V.Ed)	164.807 kN	161.202 kN
V.Ed / V.Rdc	164.807 / 0.00000 = 0.000	161.202 / 0.00000 = 0.000
V.Ed / V.Rds	164.807 / 378.737 = 0.435	161.202 / 378.737 = 0.426
V.Ed / V.Rdmax	164.807 / 1315.25 = 0.125	161.202 / 1315.25 = 0.123
Shear Ratio	0.435 < 1.000 ..... O.K	0.426 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2026

Print Date/Time : 03/04/2026 16:49

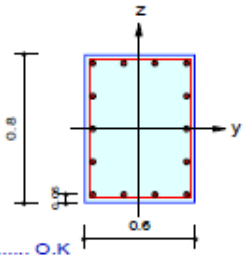
Note: La verifica a pressoflessione riportata nella scheda non è da considerarsi valida, in quanto le verifiche sono state eseguite in termini di deformazione (comportamento essenzialmente elastico)

midas Gen **RC Column Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_UFFICI model WID UNICO_NLTH-1WID.mgb

1. Design Condition

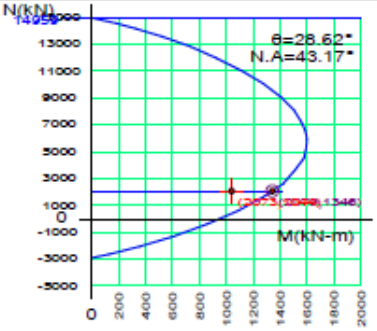
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEMkN, m
Member Number: 179 (PM), 179, 199 (Shear-y,z)
Material Data : fck = 45000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 4.75 m
Section Property: PIL 60x80cm (No : 11)
Rebar Pattern : 14 - 5 - P26 Ast = 0.007434 m² (ρst = 0.015)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 43- (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load N.Rdmax = 14959.4 kN
Axial Load Ratio N.Ed / N.Rd = 2072.88 / 2078.69 = 0.997 < 1.000 ..... O.K
Moment Ratio M.Ed / M.Rd = 1043.92 / 1346.19 = 0.775 < 1.000 ..... O.K
M.Edy / M.Rdy= 925.506 / 1181.75 = 0.783 < 1.000 ..... O.K
M.Edz / M.Rdz= 482.906 / 644.741 = 0.749 < 1.000 ..... O.K

M-N Interaction Diagram



N.Rd(kN)	M.Rd(kN-m)
14959.39	0.00
14186.10	332.05
12877.10	725.91
11076.59	1114.80
9066.20	1410.07
7289.49	1557.93
6263.29	1599.26
5331.33	1597.11
3624.10	1515.03
1631.03	1279.07
-361.45	864.15
-2032.15	358.09
-2908.96	0.00

3. Shear Capacity

[END]	y (LCB : 42-, POS : J)	z (LCB : 43-, POS : J)
Applied Shear Force (V.Ed)	205.860 kN	275.906 kN
V.Ed / V.Rdc	205.860 / 0.00000 = 0.000	275.906 / 0.00000 = 0.000
V.Ed / V.Rds	205.860 / 378.737 = 0.544	275.906 / 516.459 = 0.534
V.Ed / V.Rdmax	205.860 / 1753.67 = 0.117	275.906 / 1793.52 = 0.154
Shear Ratio	0.544 < 1.000 ..... O.K	0.534 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

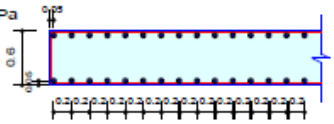
[MIDDLE]	y (LCB : 42-, POS : 1/2)	z (LCB : 43-, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V.Ed)	205.860 kN	275.906 kN
V.Ed / V.Rdc	205.860 / 0.00000 = 0.000	275.906 / 0.00000 = 0.000
V.Ed / V.Rds	205.860 / 378.737 = 0.544	275.906 / 516.459 = 0.534
V.Ed / V.Rdmax	205.860 / 1753.67 = 0.117	275.906 / 1793.52 = 0.154
Shear Ratio	0.544 < 1.000 ..... O.K	0.534 < 1.000 ..... O.K
Asw-H.use	0.00079 m²/m, 2-P10 @200	0.00079 m²/m, 2-P10 @200

midas Gen **RC Wall Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_UFFICI model WID UNICO_NLTH-1WID.mgb

1. Design Condition

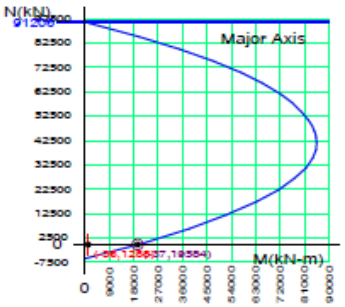
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 Unit System : kN, m
Wall ID : 1 (Wall Mark : wM0001)
Story : Base:3F (Height = 5.95 m)
Material Data : fck = 35000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Wall Dim. (Length*Thk) : 7.20003*0.6 m
Vertical Rebar : P16 @200 (AsV = 0.00201 m²/m)

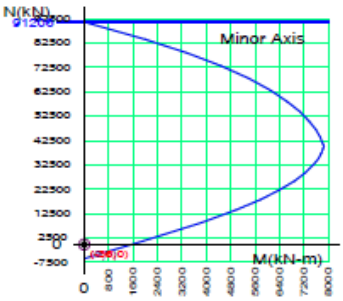


2. Axial and Moments Capacity

Concentric Max. Axial Load N.Rdmax = 91205.6 kN

	y (LCB : 44+, POS : I)	z (LCB : 44+, POS : I)
N.Ed (kN)	-36.468	-36.468
N.Rd (kN)	-36.596	0.00000
N.Ed / N.Rd	0.997 < 1.000 ..... O.K	0.000 < 1.000 ..... O.K
M.Ed (kN-m)	1287.83	0.00000
M.Rd (kN-m)	19584.2	0.00000
M.Ed / M.Rd	0.066 < 1.000 ..... O.K	0.000 < 1.000 ..... O.K



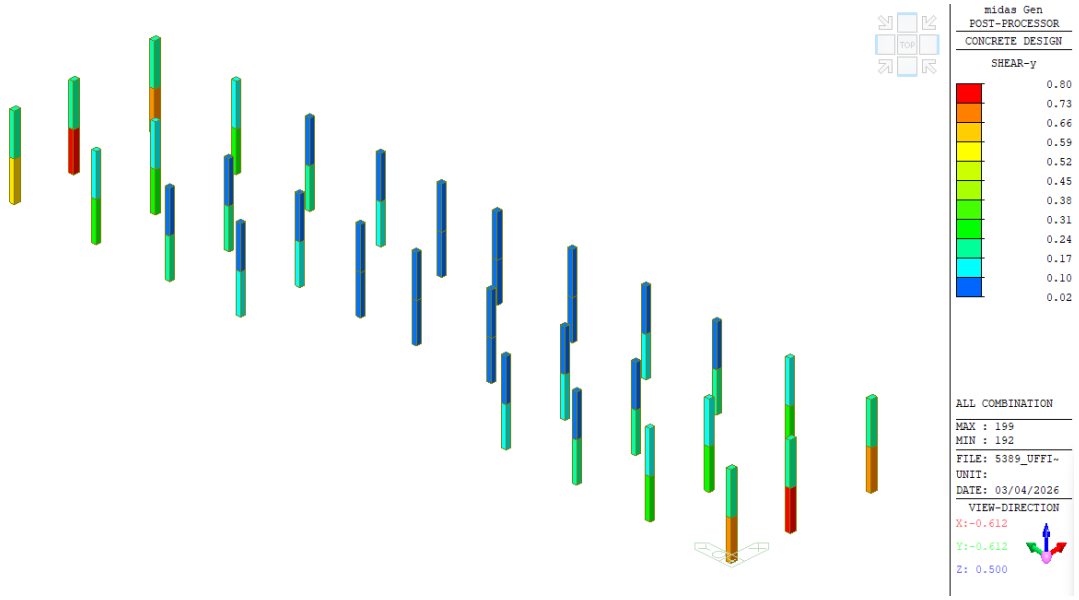


3. Shear Capacity

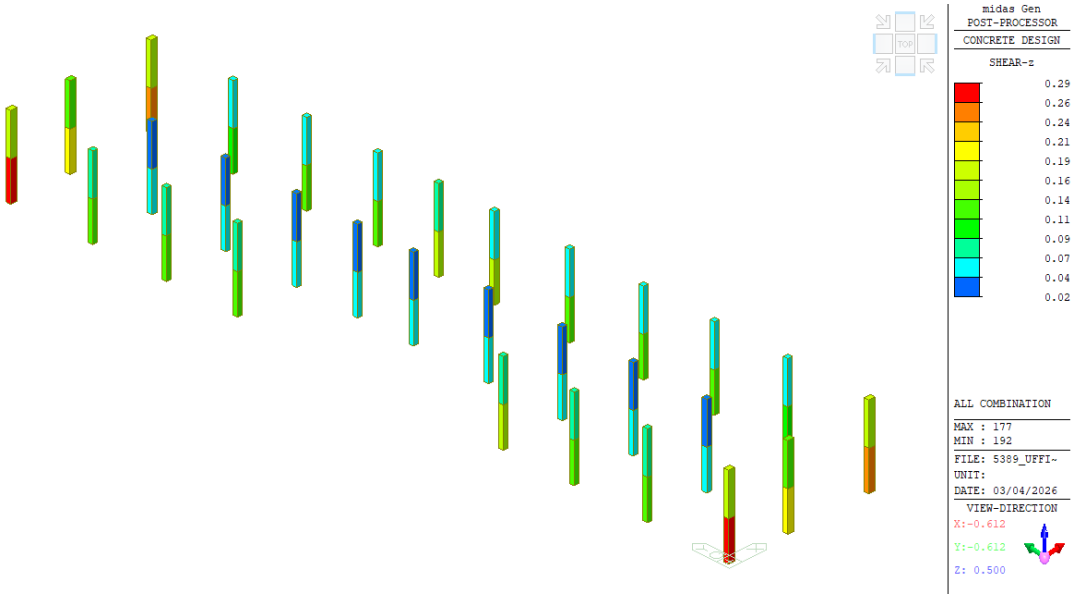
Applied Shear Force	V.Ed	= 411.065 kN (Load Combination : 44-)
Shear Ratio by Conc	V.Ed/V.Rdc	= 411.065 / 1166.42 = 0.3524
Shear Ratio by V.Rds	V.Ed/V.Rds	= 411.065 / 6382.68 = 0.0644
Shear Ratio by V.Rdmax	V.Ed/V.Rdmax	= 411.065 / 12052.5 = 0.0341
Shear Ratio	V|Ed/V.Rd	= 0.064 < 1.000 ..... O.K
		(Asw-H_req = 0.00120 m²/m, P12 @200)

In riferimento alle verifiche statiche, di seguito sono riportati i coefficienti di utilizzo e la scheda di verifica della colonna sottoposta alle sollecitazioni maggiori.

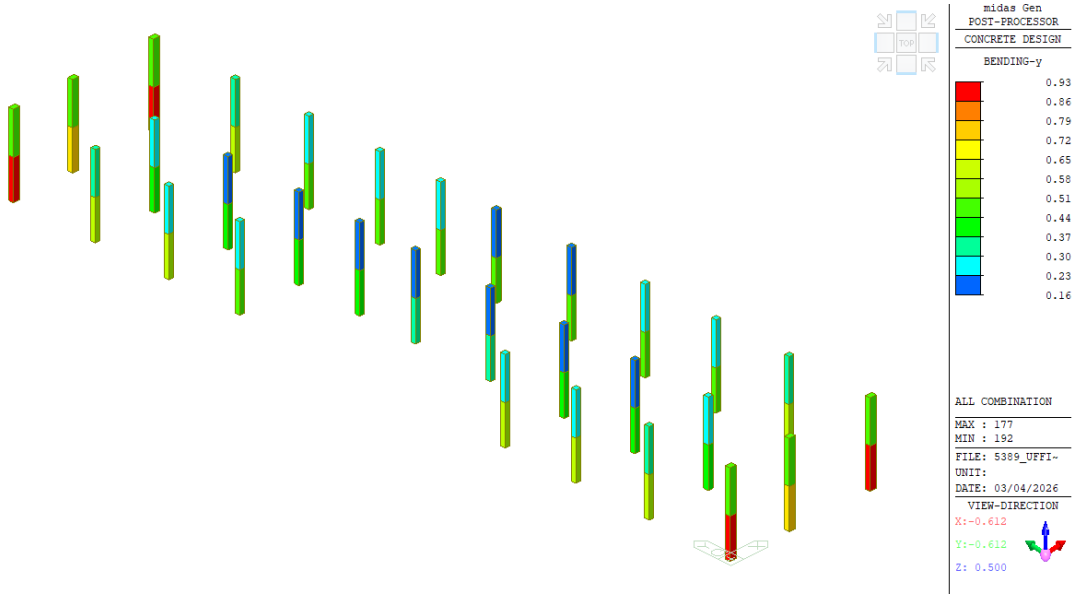
Per quanto riguarda le pareti , va osservato che la loro sezione trasversale è determinata dai requisiti di rigidezza piuttosto che da quelli di resistenza. Esse devono garantire un vincolo molto rigido rispetto al resto della struttura, al fine di concentrare la dissipazione di energia nei dispositivi fluidoviscosi non lineari.



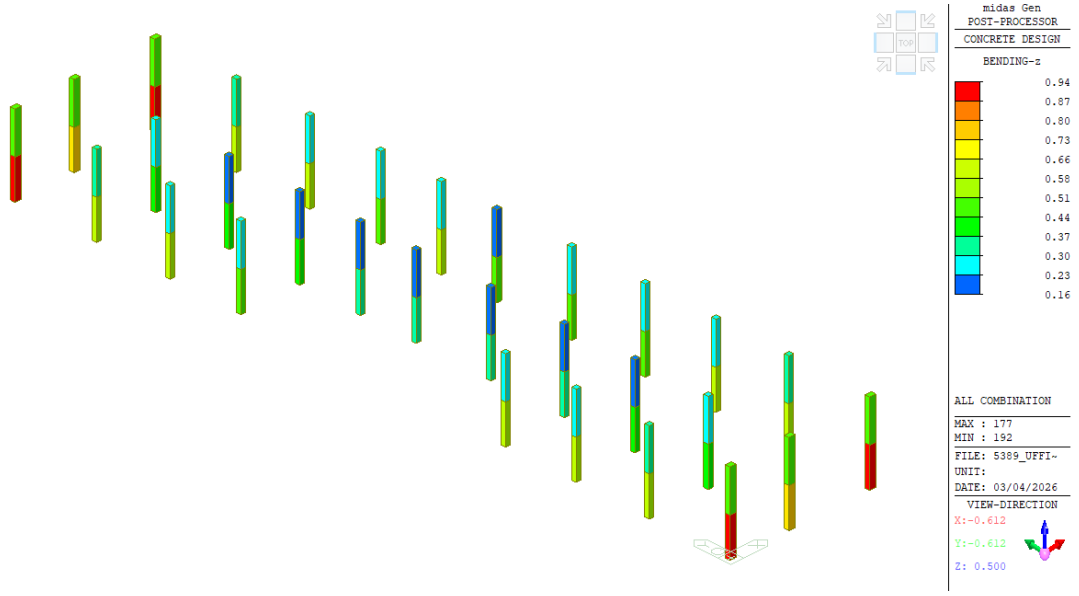
Coefficiente di utilizzo forza di taglio y



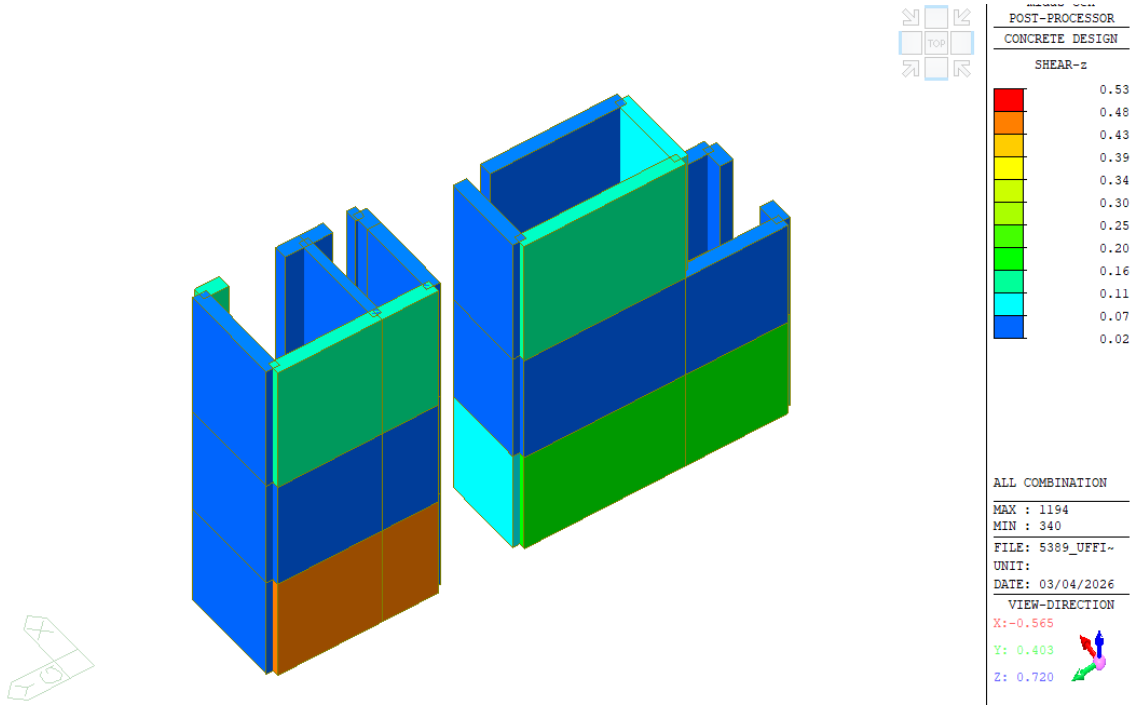
Coefficiente di utilizzo forza di taglio z



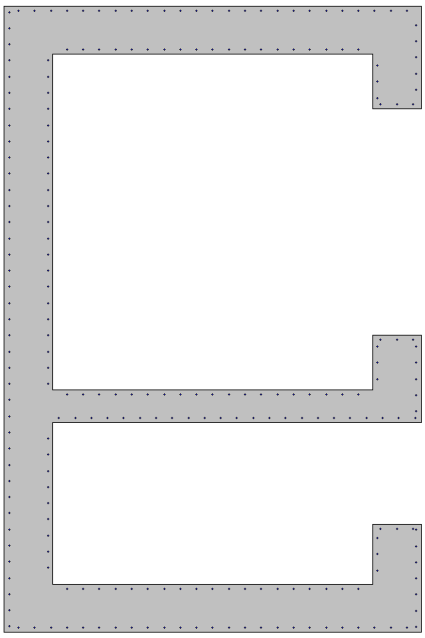
Coefficiente di utilizzo flessione y



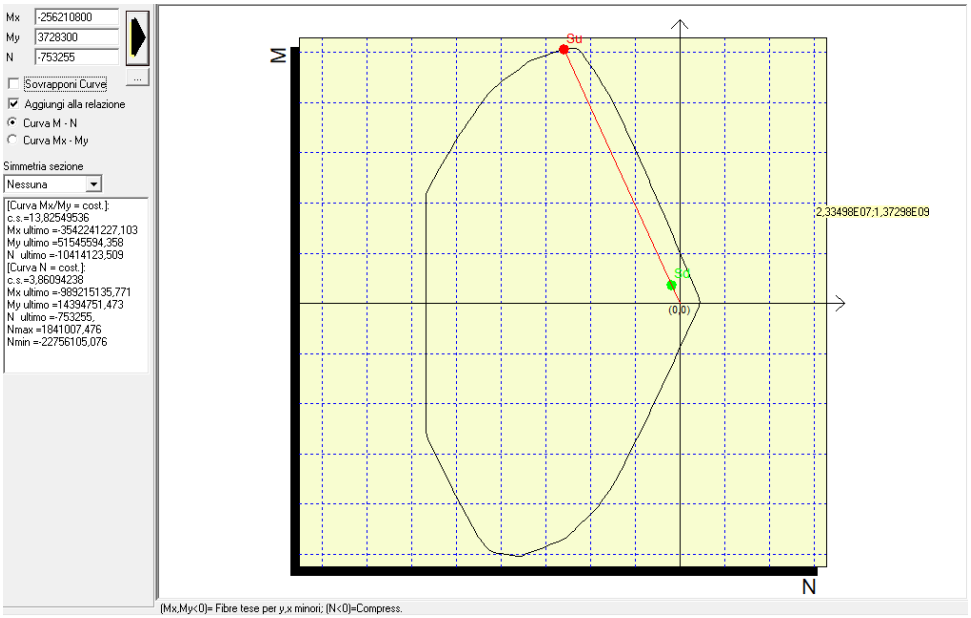
Coefficiente di utilizzo flessione z



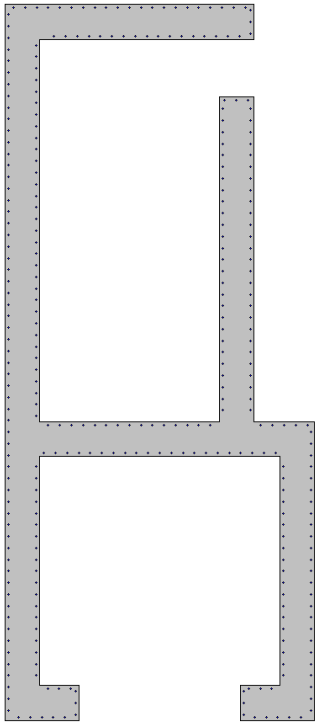
coefficiente di utilizzo taglio



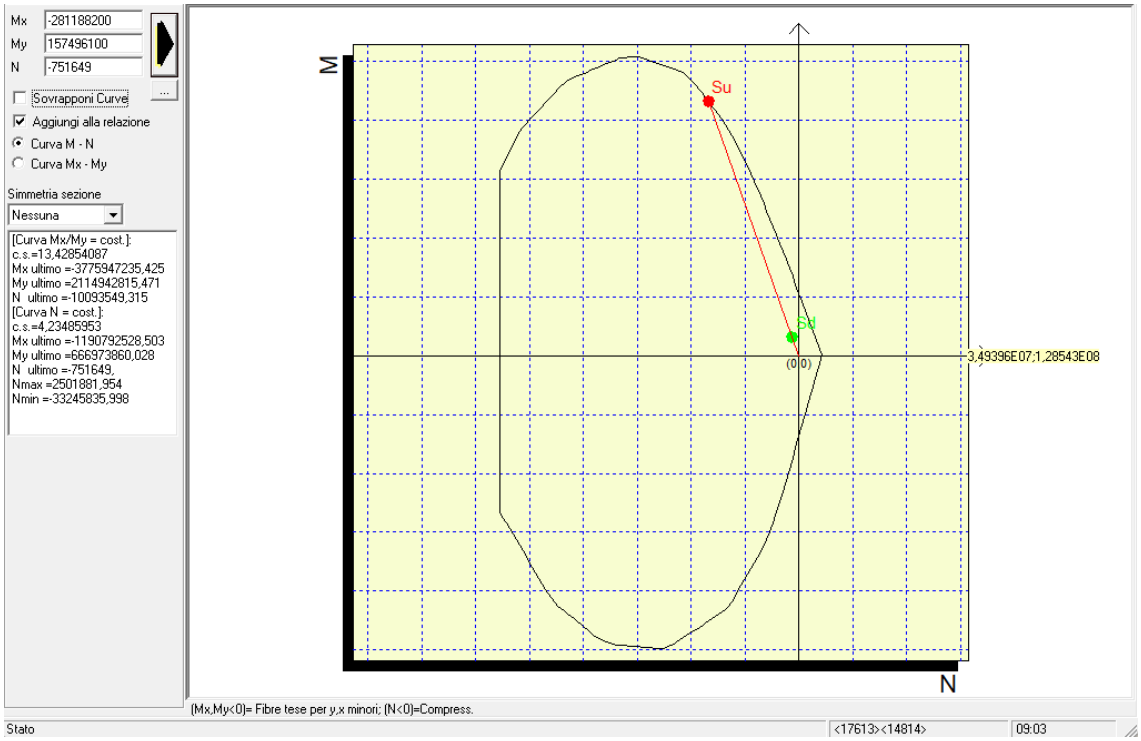
Numero identificativo parete 1



coefficiente di sicurezza a momento flettente SLU: 3.86



Numero identificativo parete 2



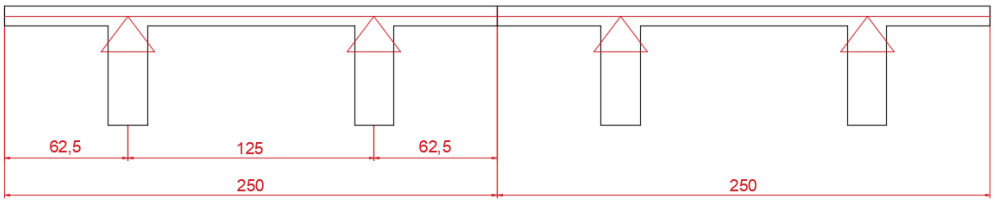
coefficiente di sicurezza a momento flettente SLU: 4.23

14.10. Progettazione soletta collaborante in c.a.

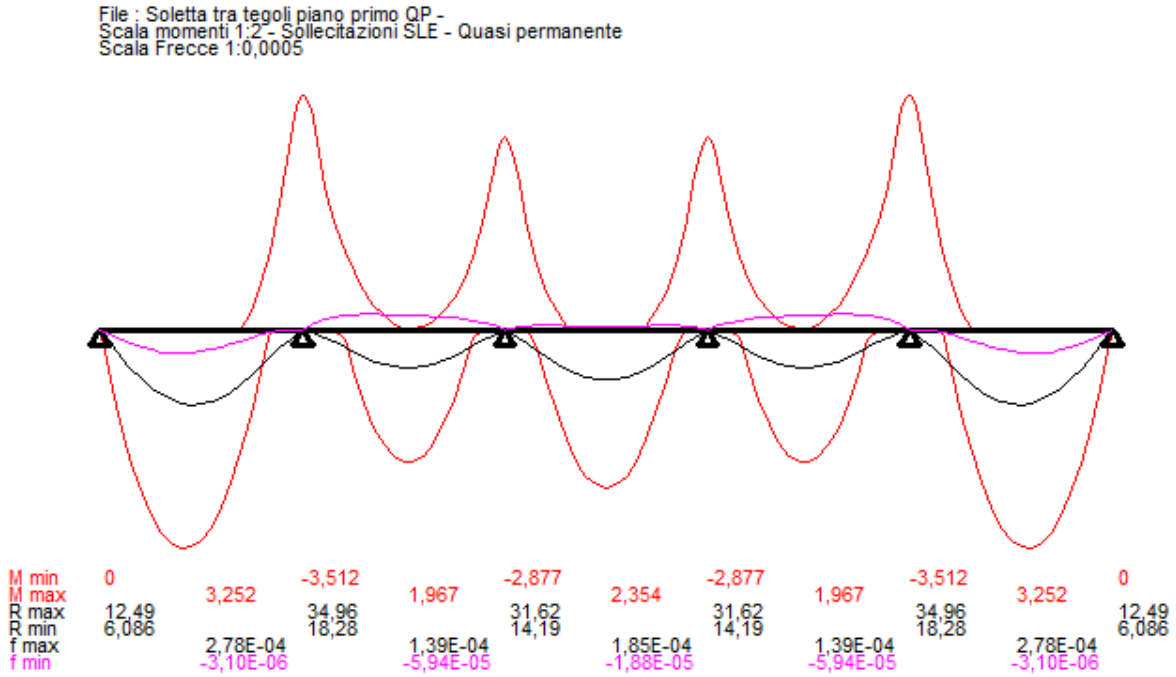
Primo piano

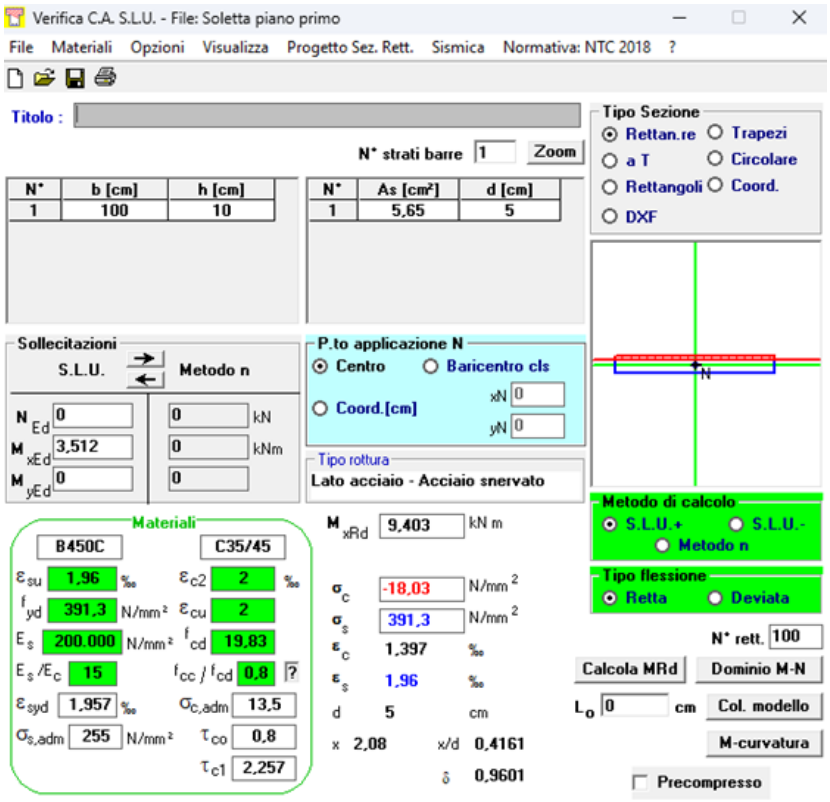
Il getto della soletta collaborante sulla trave TT svolge un ruolo fondamentale nella distribuzione dei carichi trasferiti dal sistema di controventi agli altri elementi strutturali, garantendo la collaborazione tra gli elementi antisismici. È quindi necessario progettare correttamente l'armatura interna di questi elementi.

A tal fine, la soletta può essere analizzata, in direzione trasversale, come una piastra appoggiata su supporti discreti, rappresentati dalle anime degli elementi prefabbricati TT.

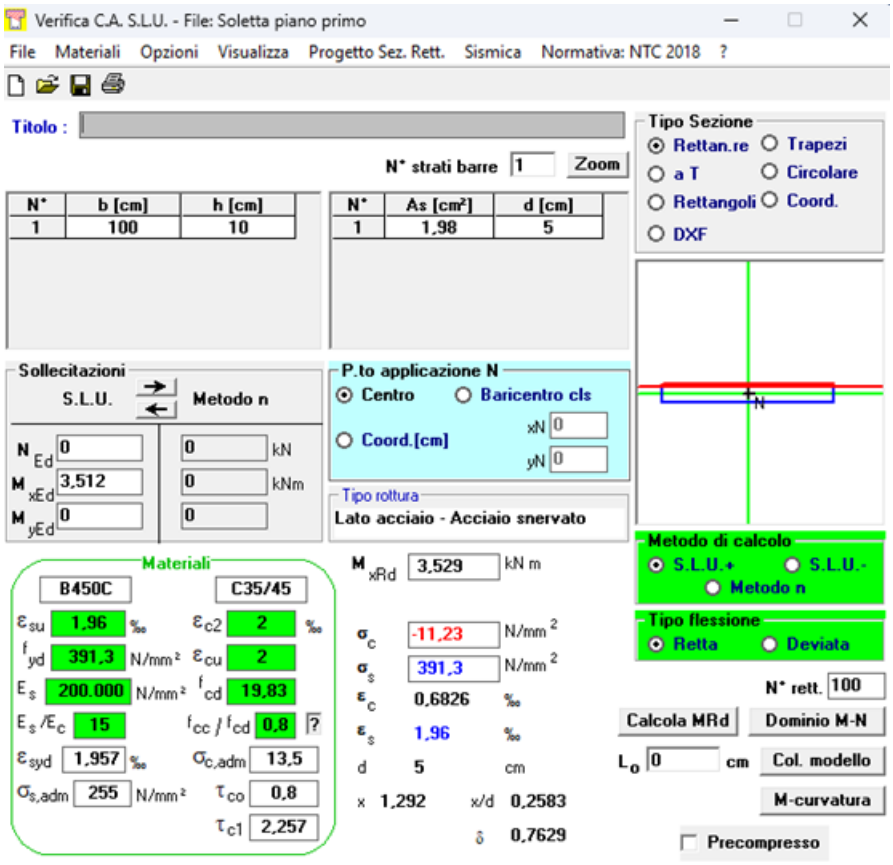


Il caso di carico determinante per l'armatura della soletta collaborante è l'azione sismica. Pertanto, l'armatura considerata nel meccanismo di flessione è quella derivante dalla combinazione di carico sismico, ovvero con i carichi verticali considerati nella combinazione quasi permanente.





In direzione trasversale, il momento flettente massimo agente è ipotizzato pari a 3.512 kN/m nella combinazione di carico quasi permanente. Adottando un'armatura di base di Ø12/20, la resistenza alla flessione corrispondente è di 9.4 kNm.
L'armatura necessaria per 3512 kNm è di 1.98 cm², come illustrato di seguito:

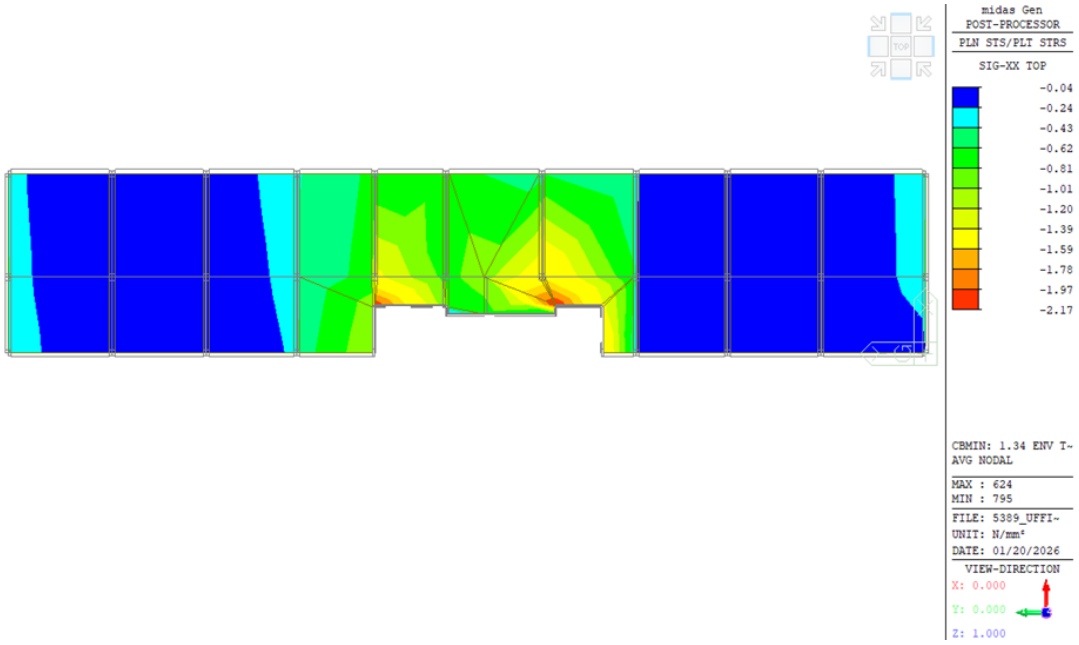


Pertanto, l'area di armatura utile per la sollecitazione assiale è pari a 5.65 – 1.98 = 3.67 cm². Di conseguenza:

$$\sigma_x = \frac{565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 2.21\ N/mm^2$$

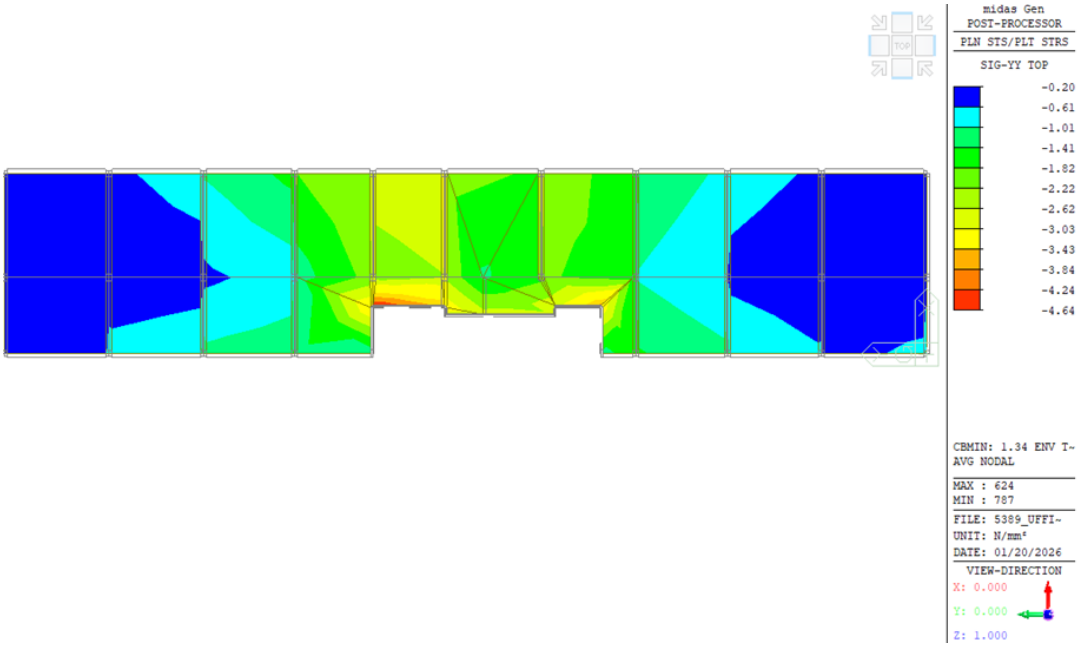
$$\sigma_y = \frac{367}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 1.43\ N/mm^2$$

Di seguito sono riportate le distribuzioni delle sollecitazioni nella soletta collaborante dell'area uffici per entrambi i piani.



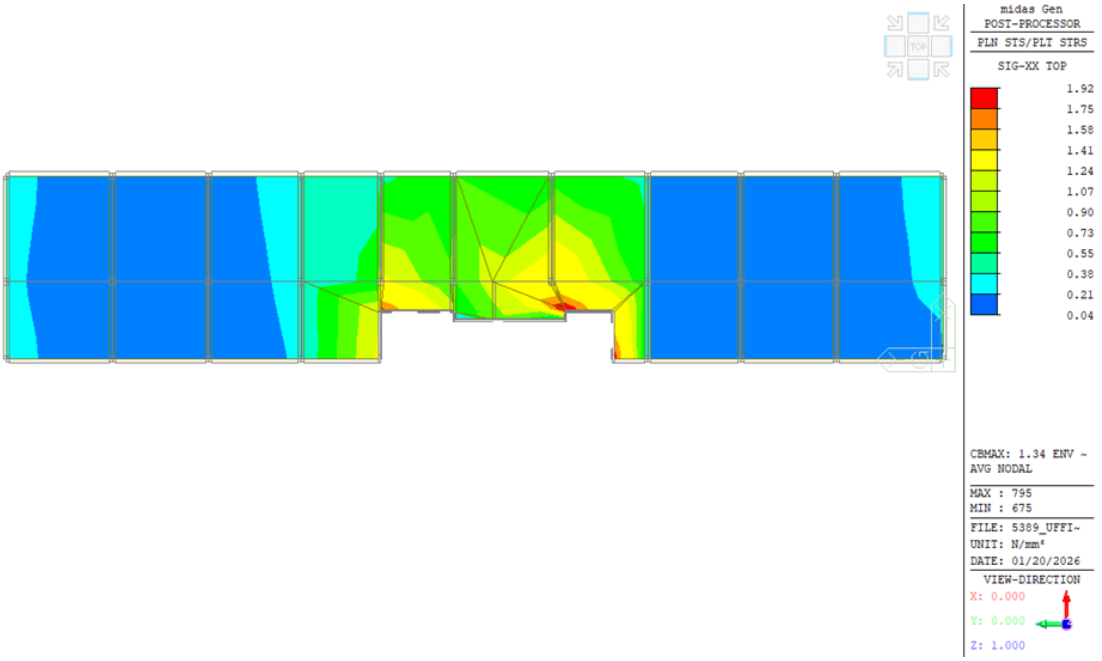
Compressione sismiche massime nella direzione x, amplificate di un fattore 1.34

$$\sigma_c = 2.17MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$



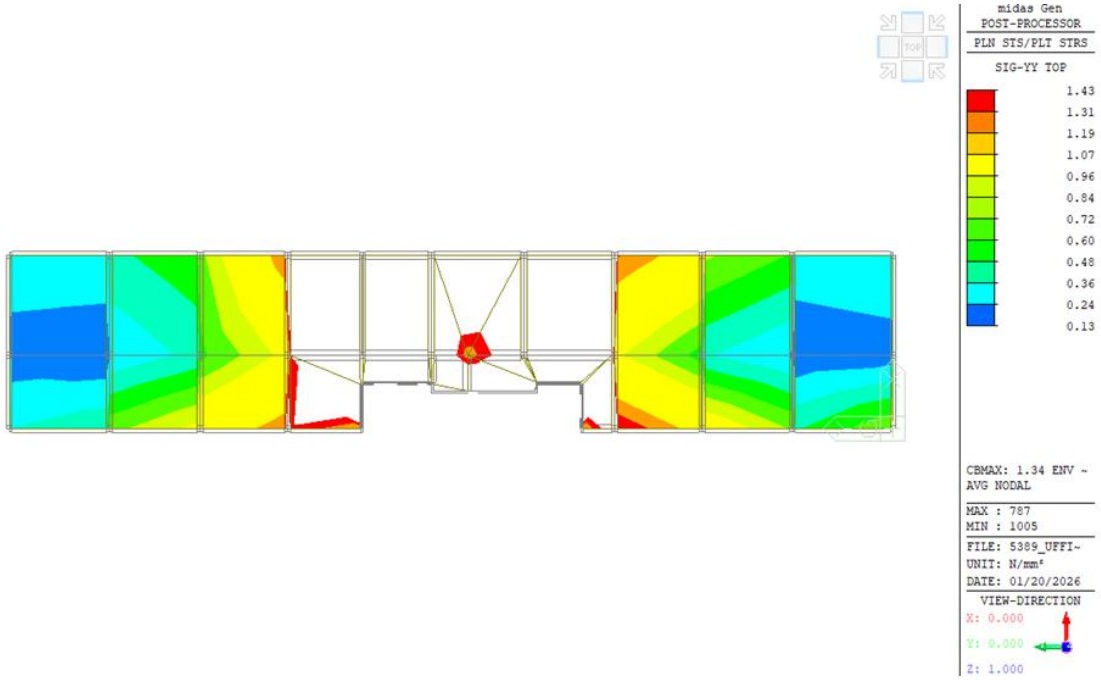
Compressione sismiche massime nella direzione y, amplificate di un fattore 1.34

$$\sigma_c = 4.64MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$



Tensioni sismiche massime nella direzione x, amplificate di un fattore 1.34

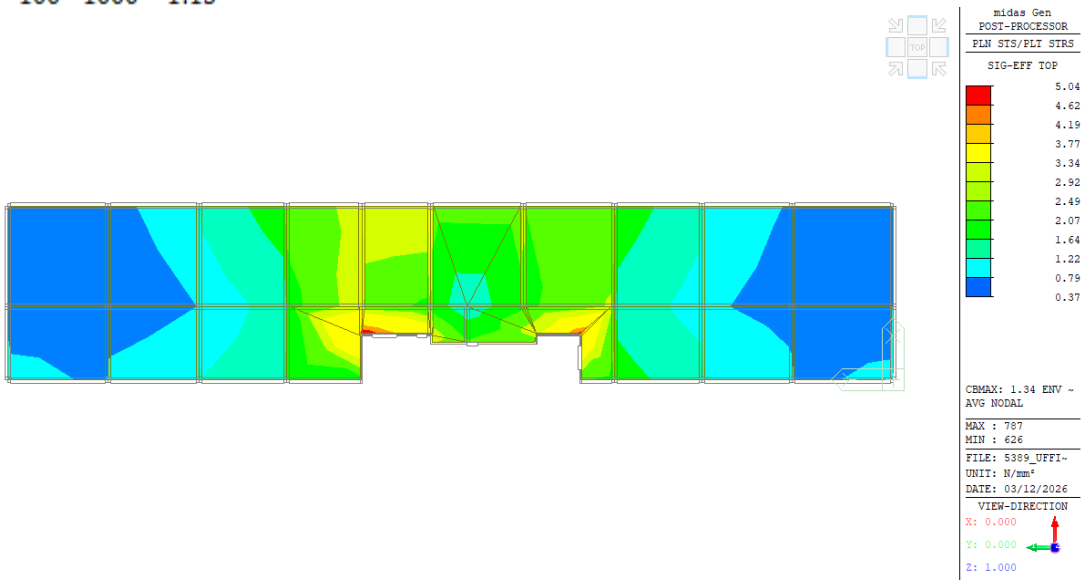
$$\sigma_s = 1.92MPa < \sigma_x = 2.21MPa$$



Tensioni sismiche massime nella direzione y, amplificate di un fattore 1.34 with filtro di sollecitazione 1.43MPa

Per queste zone sono previste delle armature aggiuntive di Ø16/20.

$$\sigma_y = \frac{367 + 1005}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 5.36\, N/mm^2$$



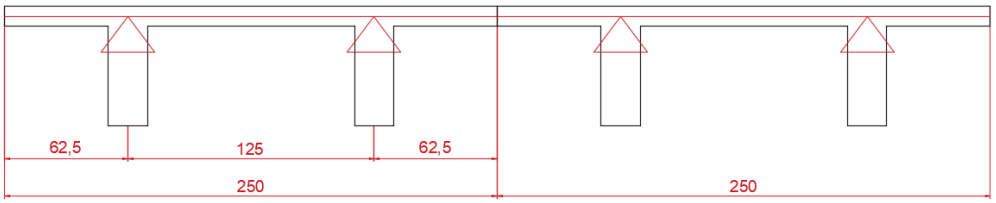
σ_{yy} =5.04 < σ_y =5.36 MPa

Verifica soddisfatta

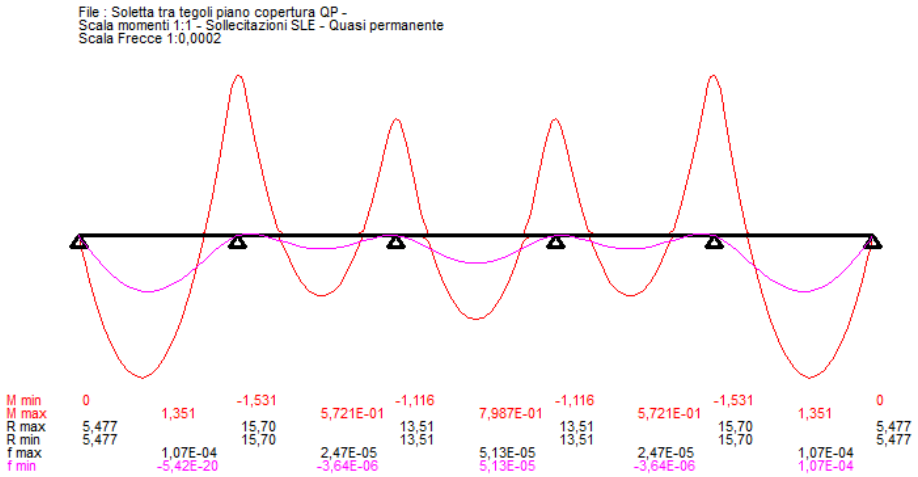
Secondo piano

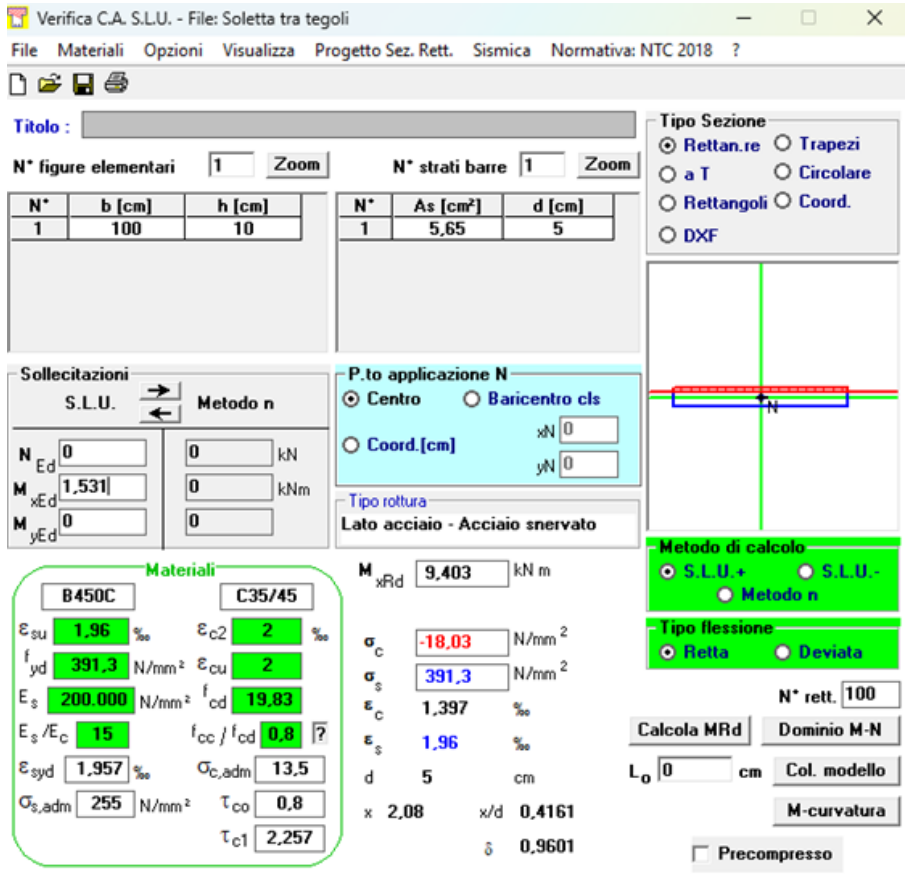
Il getto della soletta collaborante sulla trave TT svolge un ruolo fondamentale nella distribuzione dei carichi trasferiti dal sistema di controventi agli altri elementi strutturali, garantendo la collaborazione tra gli elementi antisismici. È quindi necessario progettare correttamente l'armatura interna di questi elementi.

A tal fine, la soletta può essere analizzata, in direzione trasversale, come una piastra appoggiata su supporti discreti, rappresentati dalle anime degli elementi prefabbricati TT.



Il caso di carico determinante per l'armatura della soletta collaborante è l'azione sismica. Pertanto, l'armatura considerata nel meccanismo di flessione è quella derivante dalla combinazione di carico sismico, ovvero con i carichi verticali considerati nella combinazione quasi permanente.

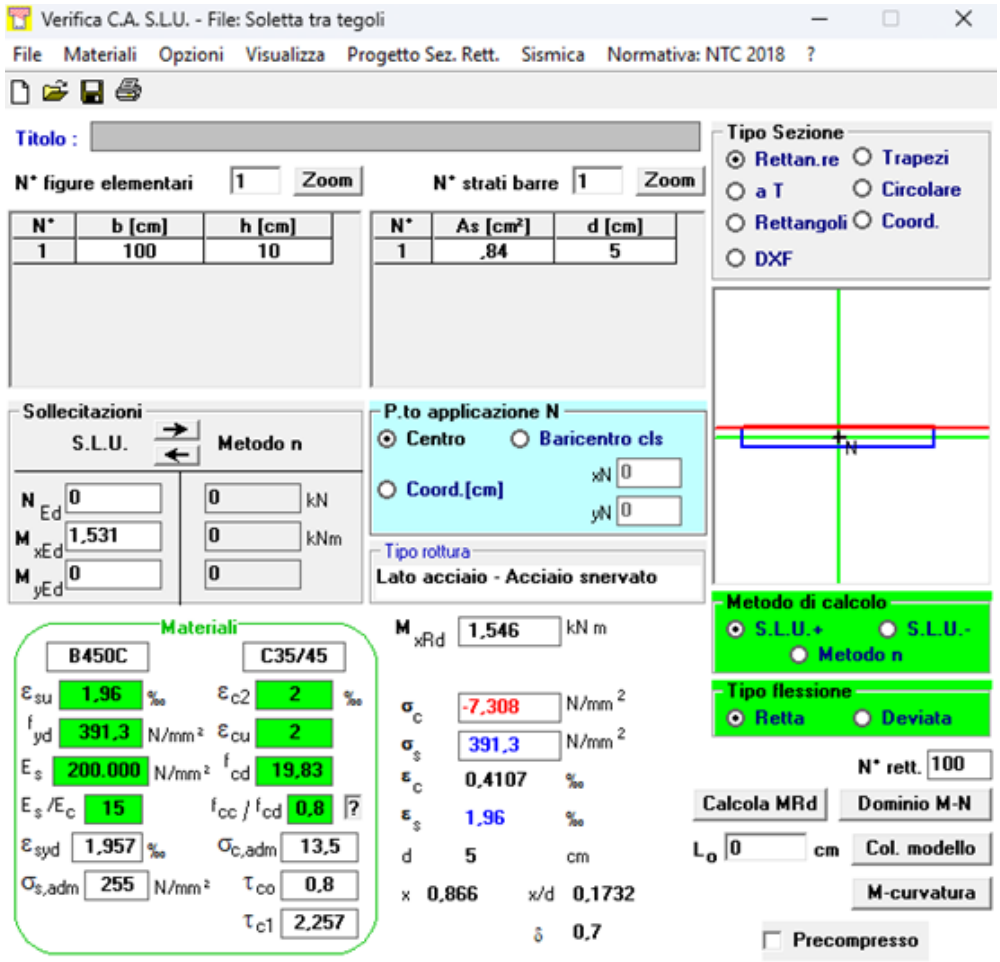




In direzione trasversale, il momento flettente massimo agente è considerato pari a 1531 kN/m nella combinazione di carico quasi permanente.

Utilizzando un'armatura di base di Ø12/20, la resistenza alla flessione corrispondente è di 9.4 kNm.

Le armature aggiuntive per 1531 kNm, pari a 0,84 cm², come illustrato di seguito:

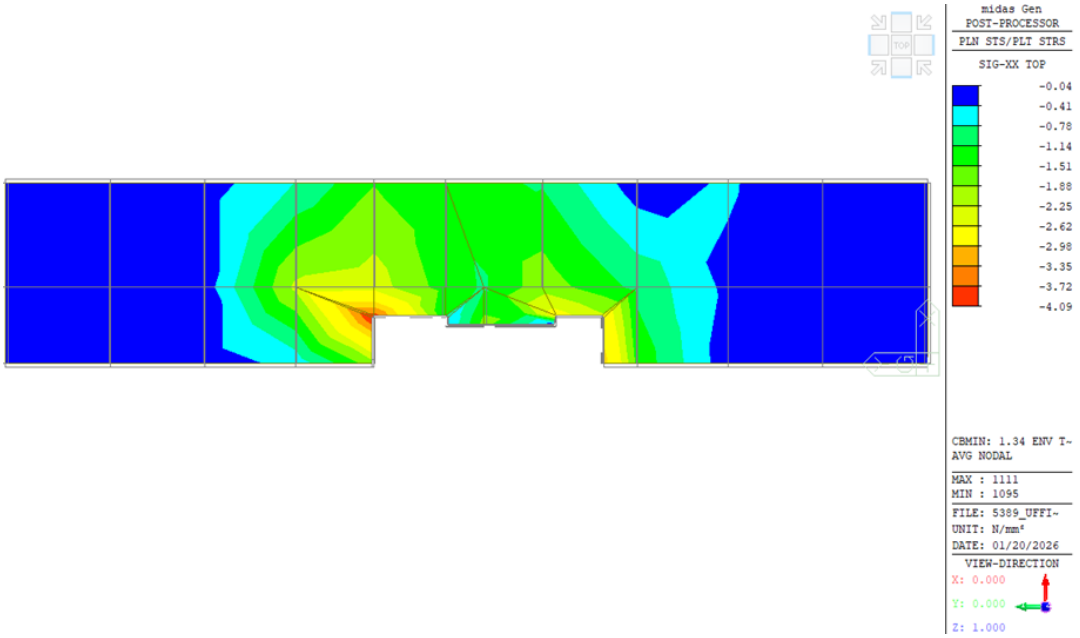


Pertanto, l'area di armatura utile per la sollecitazione assiale è pari a 5.65 – 0.84 = 4.81 cm². Di conseguenza:

$$\sigma_x = \frac{565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 2.21\ N/mm^2$$

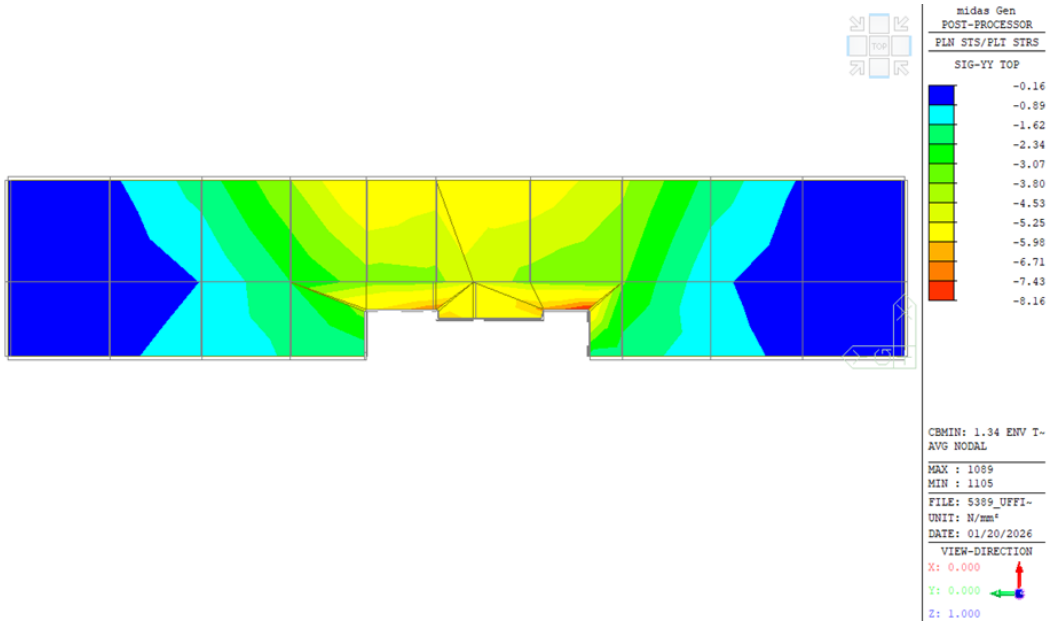
$$\sigma_y = \frac{481}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 1.88\ N/mm^2$$

Di seguito sono riportate le distribuzioni delle sollecitazioni nella soletta collaborante dell'area uffici per entrambi i piani



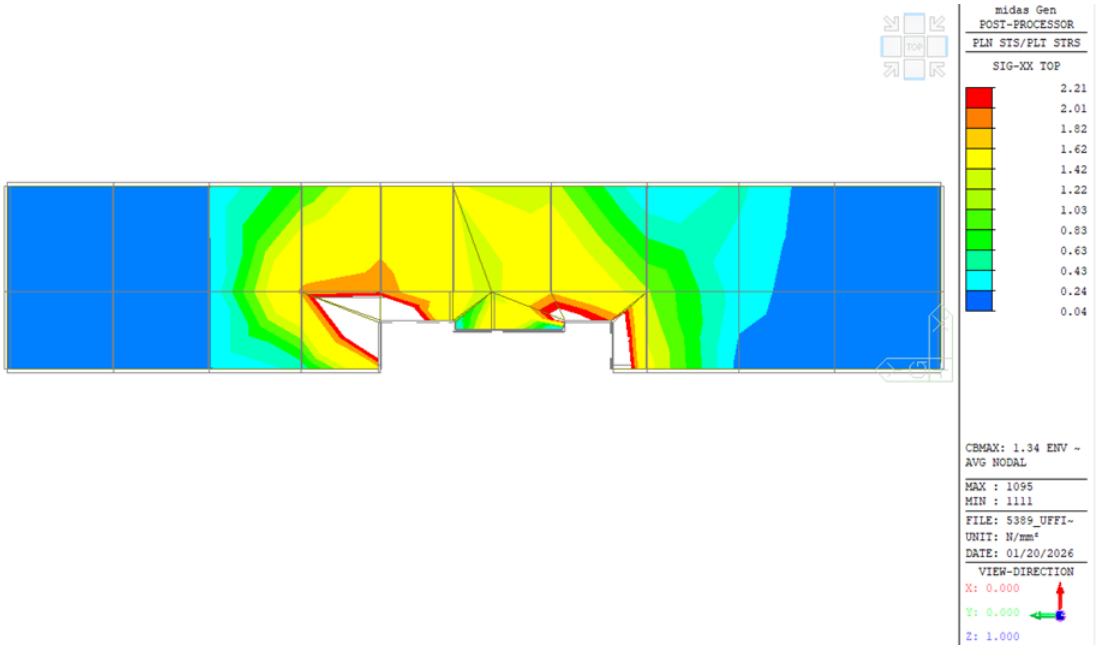
Compressione massime nella direzione x, moltiplicate per un fattore di 1,34

$$\sigma_c = 4.09MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$

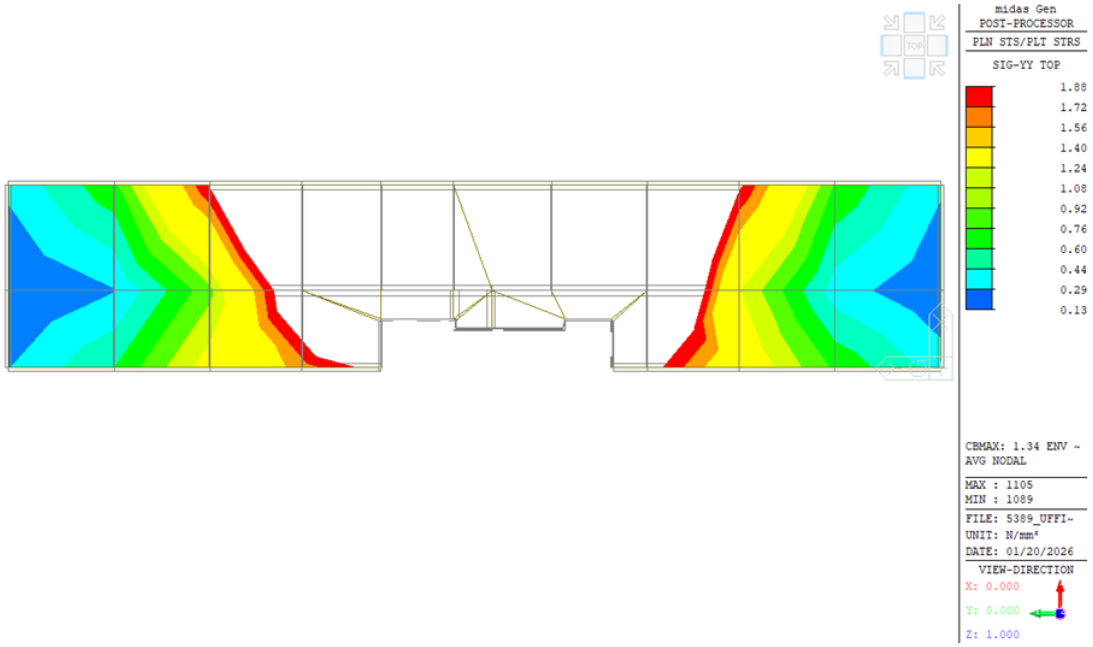


Compressione massime nella direzione y, moltiplicate per un fattore di 1,34

$$\sigma_c = 8.16MPa < f_{cd} = 19.83MPa$$



Tensioni massime nella direzione x, amplificate di un fattore 1,34 con un filtro di tensione di 2,21 MPa

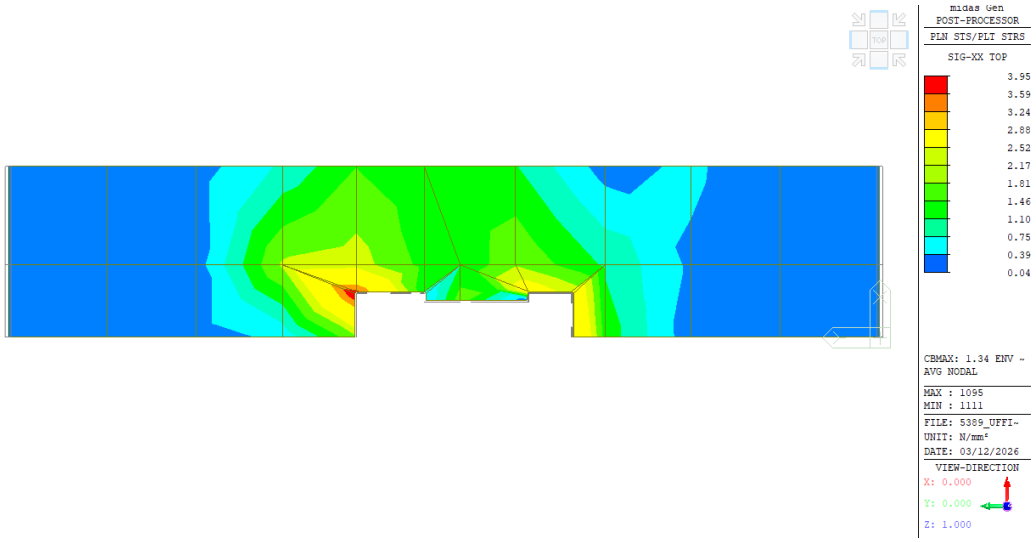


Tensioni massime nella direzione y, amplificate di un fattore 1,34 con un filtro di tensione di 1,88 MPa

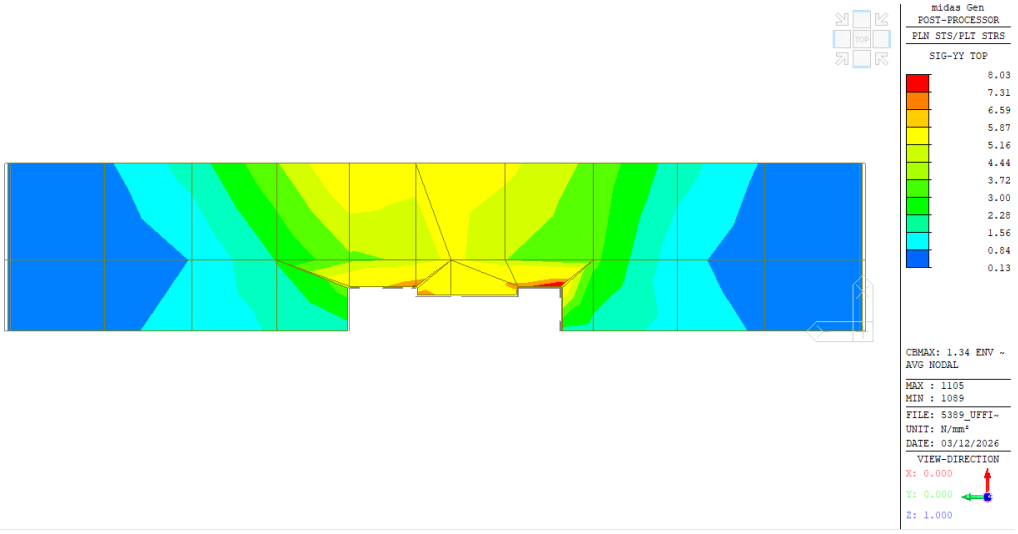
Per queste aree sono previste armature aggiuntive di Ø12/20 nella direzione x e di Ø20/20 nella direzione y.

$$\sigma_x = \frac{565 + 565}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 4.42\ N/mm^2$$

$$\sigma_y = \frac{481 + 1571}{100 \cdot 1000} \cdot \frac{450}{1.15} = 8.03\ N/mm^2$$



σ_{xx} =3.95 < σ_x =4.42 MPa



$\sigma_{yy} \leq \sigma_y$ =8.03 MPa

Le verifiche sono soddisfatte

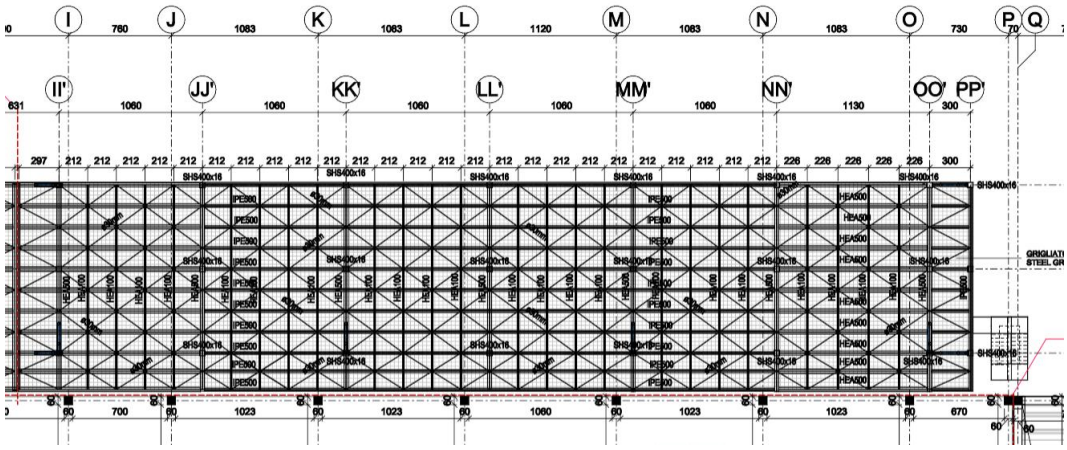
15. GANTRY

In questo paragrafo sono riportate le verifiche relative al gantry esterno.

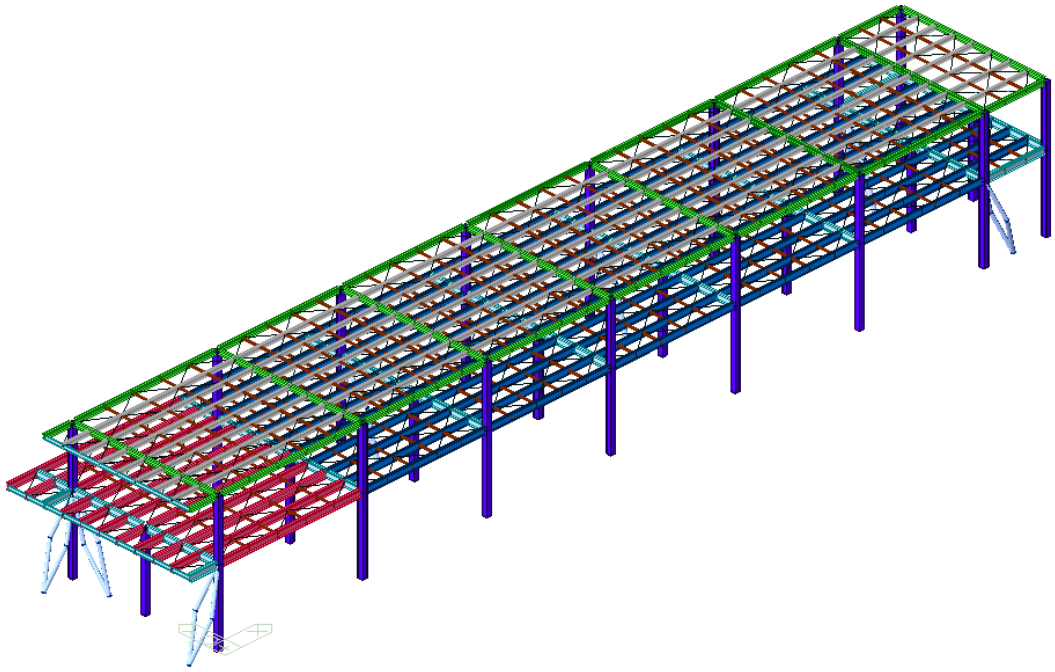
Gli elementi strutturali sono:

- Colonne: SSH 400x16;
- Travi principali del 1° piano (e travi secondarie nella campata tra gli assi NN'–PP'): HEA 500;
- Travi secondarie del 1° piano: IPE 500;
- Travi principali del 2° piano: HEA 320;
- Travi secondarie del 2° piano: IPE 300;
- Controventi verticali: Ø273x10;
- Controventi orizzontali: Ø30.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in termini di forme modali, inviluppo delle sollecitazioni interne, spostamenti e verifiche strutturali.



Modello gantry di riferimento



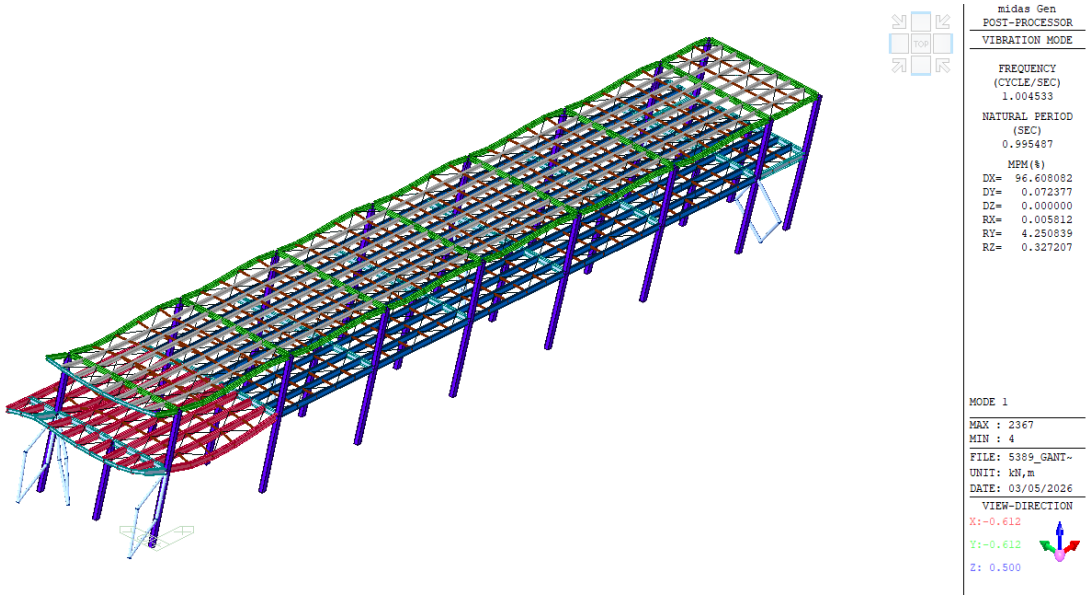
Modello 3D FEM gantry

15.1. Analisi modale

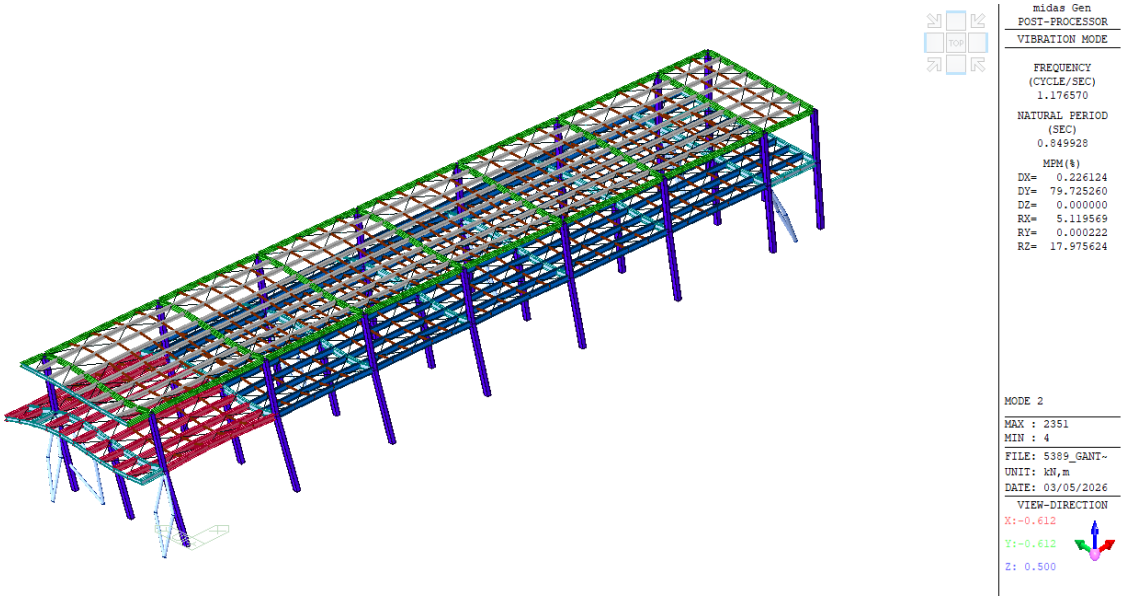
Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
EIGENVALUE ANALYSIS							
	Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance		
	1	6.3117	1.0045	0.9955	0.0000e+00		
	2	7.3926	1.1766	0.8499	0.0000e+00		
	3	8.6484	1.3764	0.7265	0.0000e+00		

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	96.6081	96.6081	0.0724	0.0724	0.0000	0.0000	0.0058	0.0058	4.2508	4.2508	0.3272	0.3272
	2	0.2261	96.8342	79.7253	79.7976	0.0000	0.0000	5.1196	5.1254	0.0002	4.2511	17.9756	18.3028
	3	0.1468	96.9810	17.1210	96.9186	0.0000	0.0000	0.9504	6.0758	0.0150	4.2660	77.2060	95.5089

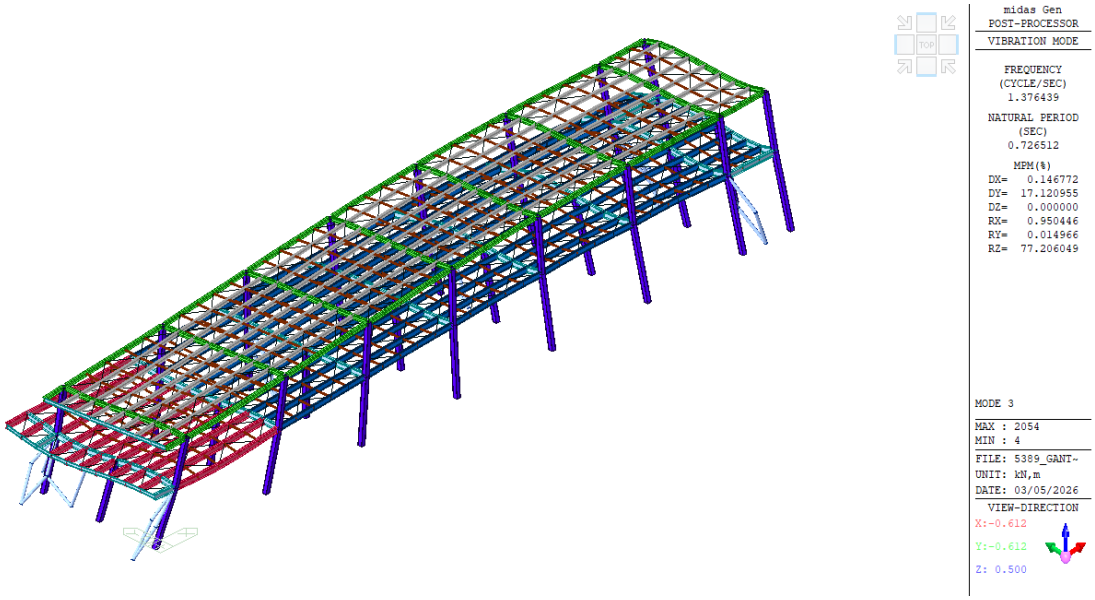
Massa sismica, periodi di vibrazione e masse partecipanti



Modo 1



Modo 2



Modo 3

15.2. Effetti del secondo ordine

Al fine di valutare la sensibilità della struttura agli effetti di secondo ordine, si è fatto riferimento al paragrafo 7.3.1 del NTC2018.

per le costruzioni civili e industriali, le non linearità geometriche possono essere trascurate se:
$\theta = [P * d_{Er}] / [V * h] \leq 0.1$
dove:

- - P è il carico verticale totale che agisce sul piano in questione e sulla struttura sovrastante;
- - d_{Er} è lo spostamento orizzontale medio tra i piani, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale del solaio considerato e lo spostamento orizzontale del solaio immediatamente sottostante;
- - V è la forza orizzontale totale che agisce sul solaio;
- - h è la distanza tra il solaio in questione e quello immediatamente sottostante.

Le tabelle seguenti riportano i valori del coefficiente di stabilità per ciascun piano e nelle due direzioni principali dell'edificio. La valutazione è effettuata con riferimento all'analisi dinamica lineare con spettro di progetto elastico.

-

Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!										
X(RS)	2F	4.75	1023.4229	386.9321	0.0340	1.0000	0.0189	0.2500	OK	1.0000
X(RS)	1F	6.04	13222.1755	2742.8319	0.0480	1.0000	0.0383	0.2500	OK	1.0000
Y(RS)	2F	4.75	1023.4229	25.9451	0.0020	1.0000	0.0170	0.2500	OK	1.0000
Y(RS)	1F	6.04	13222.1755	138.0852	0.0026	1.0000	0.0418	0.2500	OK	1.0000

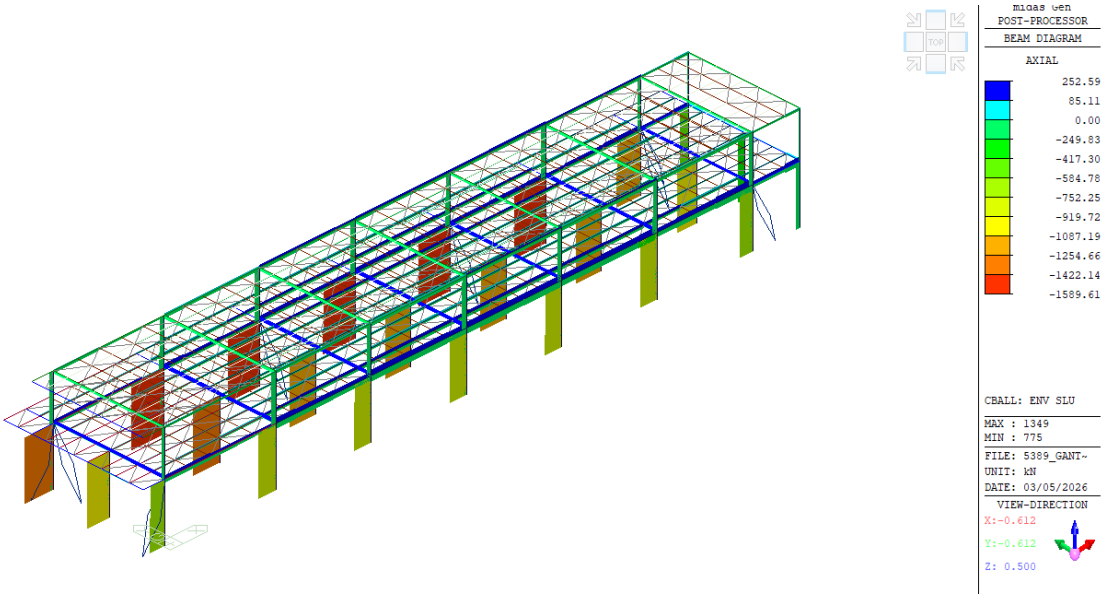
Direzione X

Load Case	Story	Story Height (m)	Vertical Load (kN)	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (β)	Stability Coefficient (θ)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor (ad)
Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1 Press right mouse button and click 'Set Stability Coefficient Parameters...' menu to change Cd/Ie/Scale Factor/Beta!										
X(RS)	2F	4.75	1023.4229	14.4038	0.0010	1.0000	0.0150	0.2500	OK	1.0000
X(RS)	1F	6.04	13222.1755	138.0852	0.0019	1.0000	0.0300	0.2500	OK	1.0000
Y(RS)	2F	4.75	1023.4229	339.3955	0.0198	1.0000	0.0126	0.2500	OK	1.0000
Y(RS)	1F	6.04	13222.1755	2910.7907	0.0361	1.0000	0.0271	0.2500	OK	1.0000

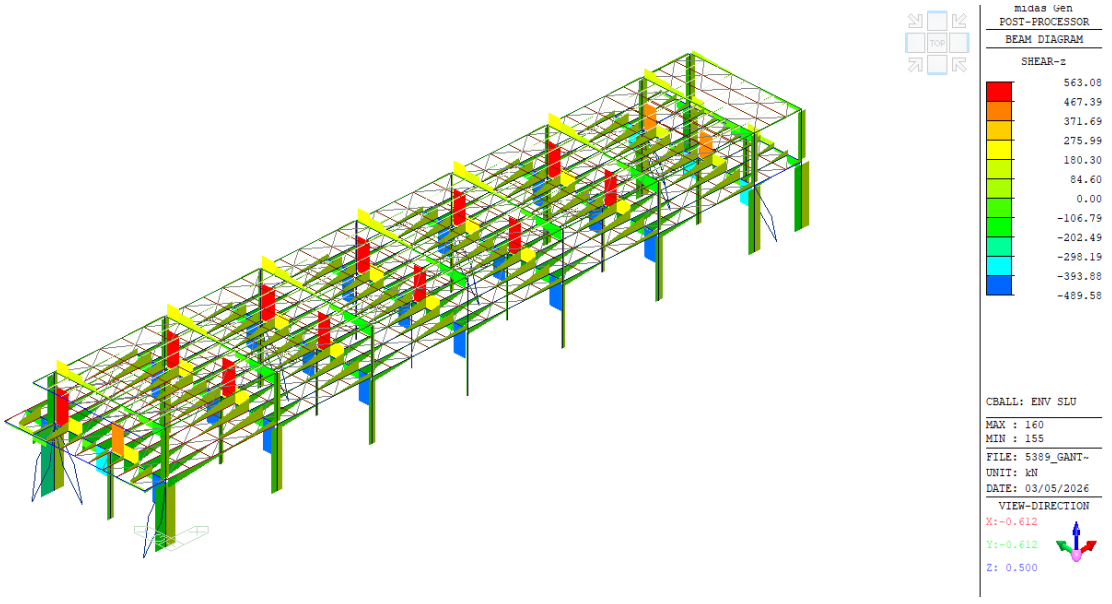
Direzione Y

Poiché il coefficiente di stabilità è inferiore a 0,1, gli effetti di secondo ordine sono stati trascurati.

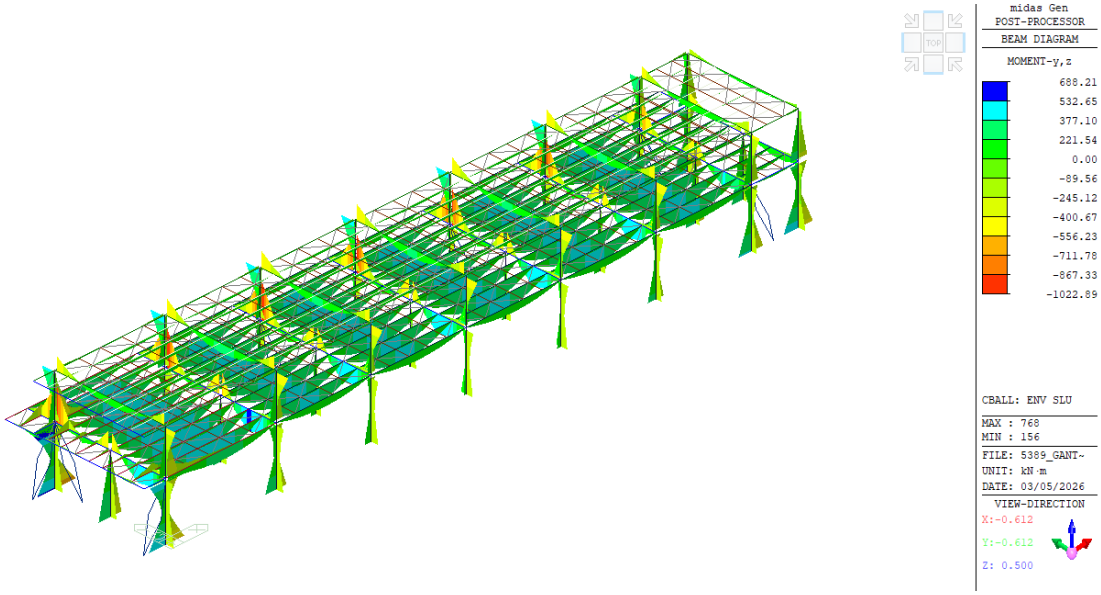
15.3. Forze interne SLU



Inviluppo azione assiale – SLU

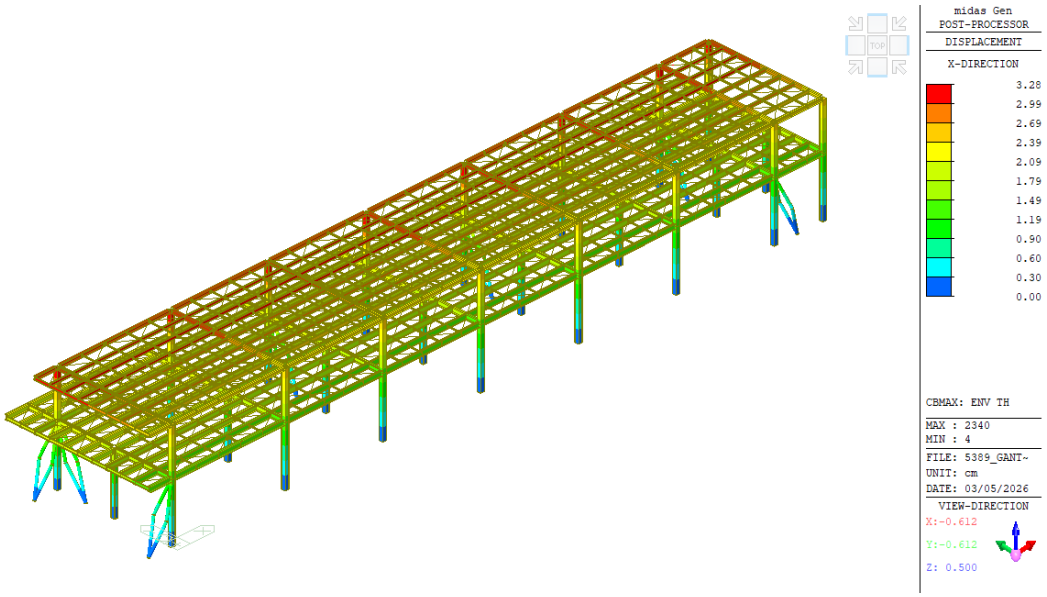


Inviluppo azione di taglio – SLU

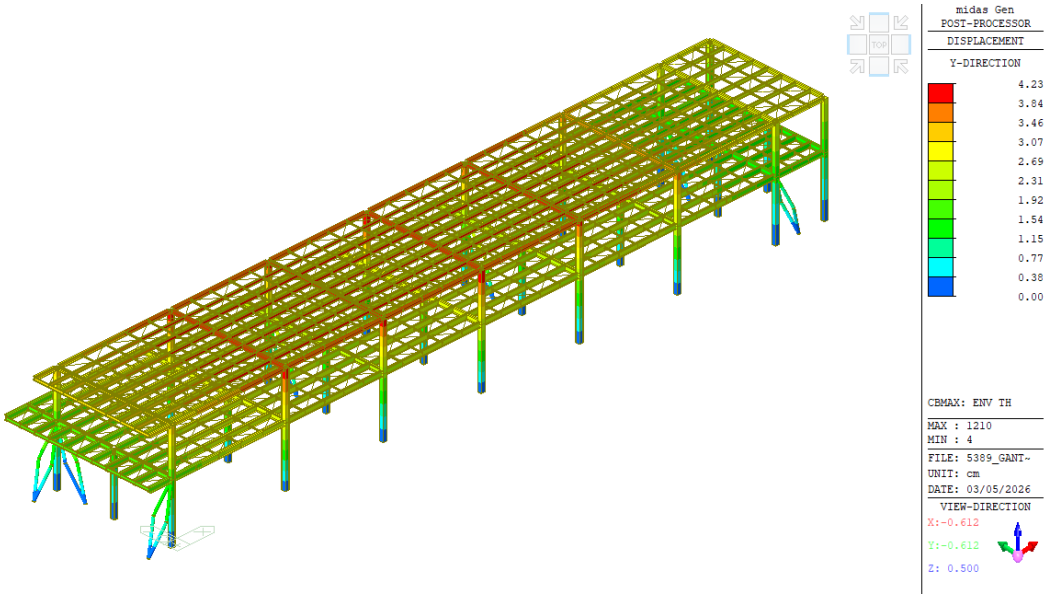


Inviluppo momento flettente – SLU

15.4. Spostamenti SLO

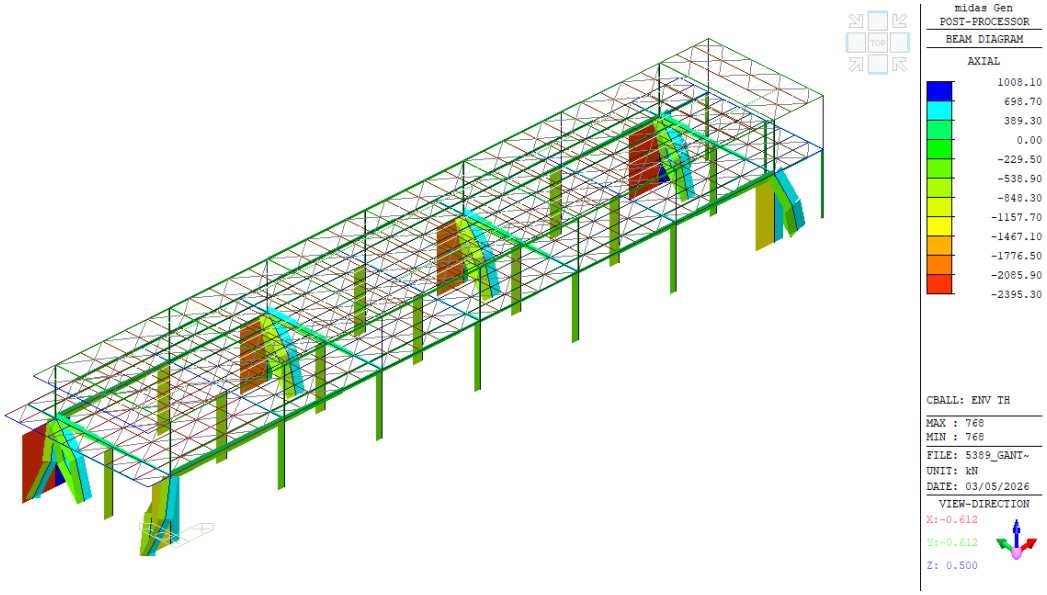


Inviluppo spostamento in direzione X

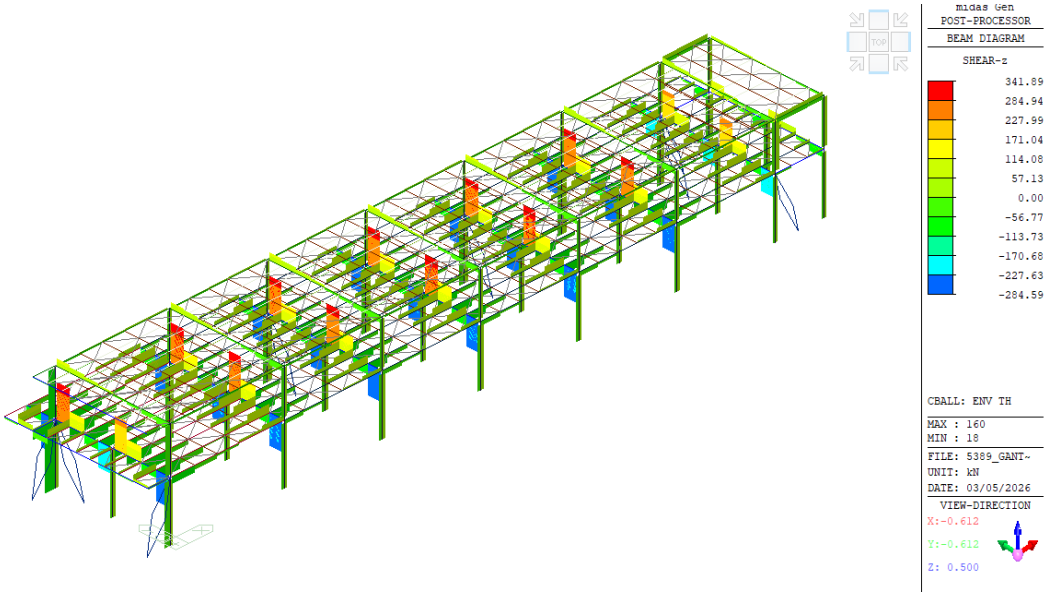


Inviluppo spostamento in direzione Y

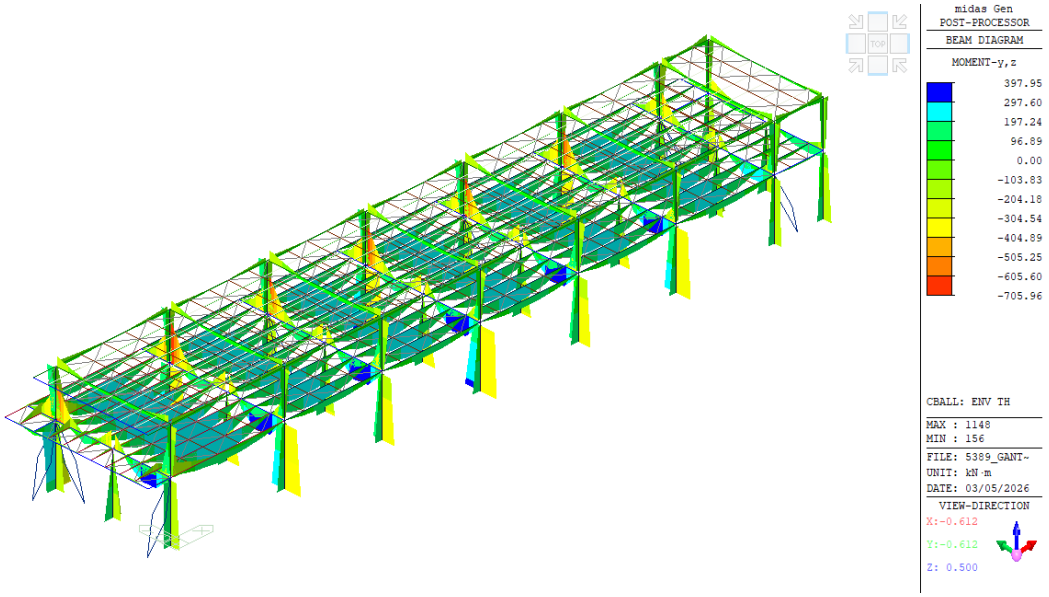
15.5. Forze interne – azione sismica



Inviluppo azione assiale – azione sismica

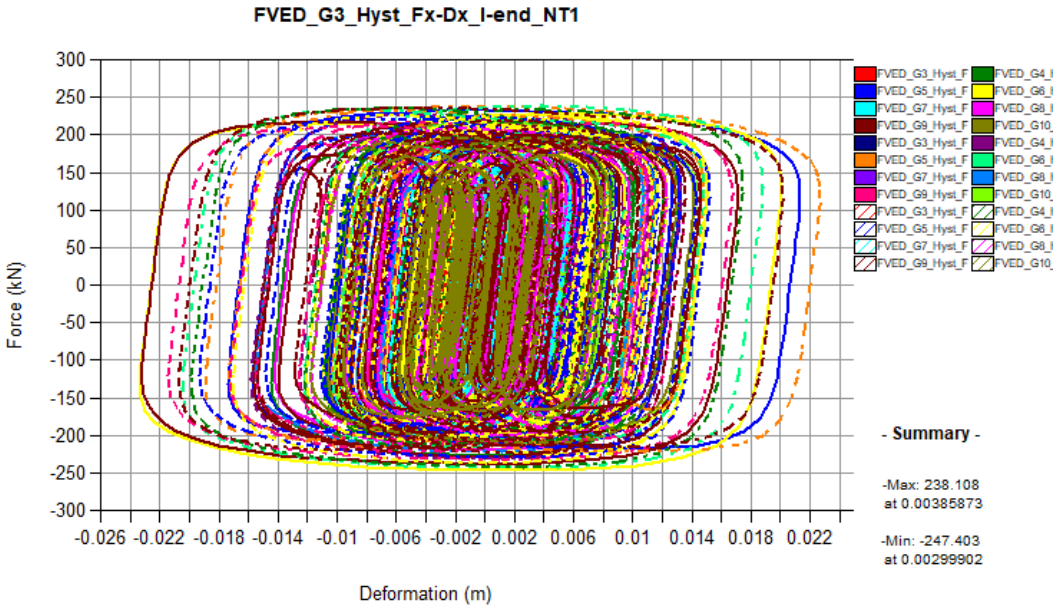


Inviluppo azione di taglio – azione sismica

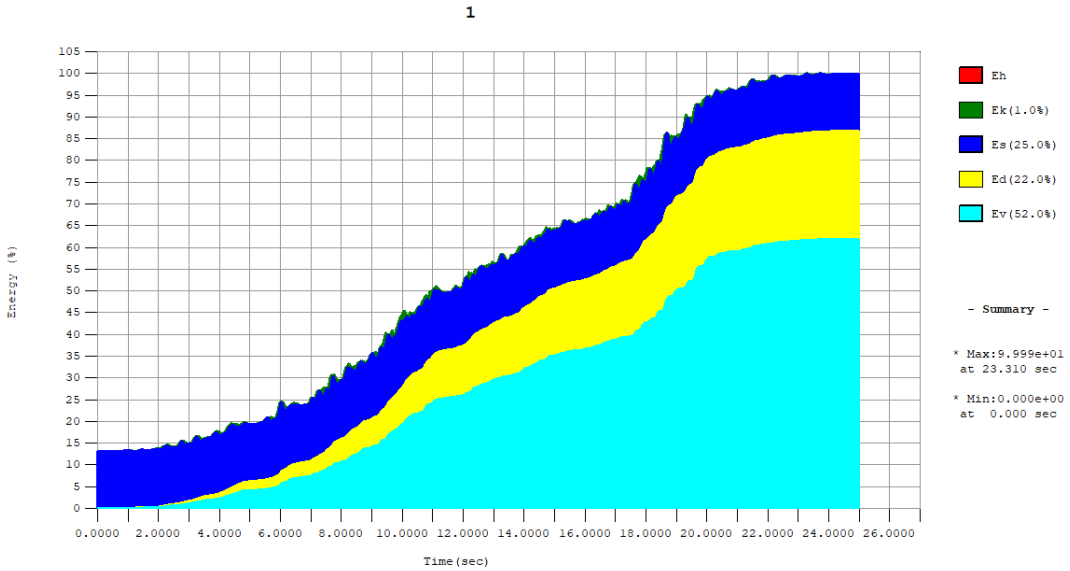


Inviluppo momento flettente – azione sismica

15.6. Cicli isteretici dei dispositivi



Cicli isteretici dei dispositivi



In particolare:

- E_i energia ingresso;
- E_h energia dissipata per la deformazione plastica dei materiali (cerniere plastiche);
- E_k energia cinetica;
- E_s energia di deformazione elastica;
- E_d energia dissipata per viscosità lineare;
- E_v energia dissipata viscosità non lineare.

La forza massima che agisce sui dispositivi in SLC è pari a circa 260 kN. Lo spostamento massimo del dispositivo in SLC è di +/-24 mm.

15.7. Verifica di operatività (RIG)

In base alle prestazioni sismiche definite nei capitoli precedenti, è necessario garantire la funzionalità della struttura per un livello di azione sismica corrispondente a un periodo di ritorno pari a 1950 anni. Come già citato, a favore di sicurezza, tale verifica viene effettuata per un livello di azione sismica con un periodo di ritorno di 2475 anni. Questo requisito, secondo le NTC18, viene verificato con riferimento agli spostamenti relativi tra piani (drift inter-piano).

Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.005 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!									
1(all)	2F	4.75	1/200	-	19.4200	0.0135	0.0135	0.0028	OK
1(all)	1F	6.04	1/200	-	19.3900	0.0159	0.0159	0.0026	OK
2(all)	2F	4.75	1/200	-	19.4200	0.0135	0.0135	0.0028	OK
2(all)	1F	6.04	1/200	-	19.3900	0.0159	0.0159	0.0026	OK
3(all)	2F	4.75	1/200	-	18.7700	0.0120	0.0120	0.0025	OK
3(all)	1F	6.04	1/200	-	18.7500	0.0173	0.0173	0.0029	OK

Direzione X

Load Case	Story	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio	Node	Time/Step (sec)	Story Drift (m)	Modified Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark
RMC,Not Used, Cd=1, Ie=1, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.005 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio!									
1(all)	2F	4.75	1/200	-	18.6600	0.0155	0.0155	0.0033	OK
1(all)	1F	6.04	1/200	-	18.7000	0.0205	0.0205	0.0034	OK
2(all)	2F	4.75	1/200	-	16.1700	0.0157	0.0157	0.0033	OK
2(all)	1F	6.04	1/200	-	16.1500	0.0204	0.0204	0.0034	OK
3(all)	2F	4.75	1/200	-	16.1700	0.0156	0.0156	0.0033	OK
3(all)	1F	6.04	1/200	-	16.1400	0.0203	0.0203	0.0034	OK

Direzione Y

15.8. Verifica di resistenza

Di seguito sono riportate le verifiche delle travi, delle colonne e dei controventi verticali.

Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , m

Sorted by: Member / Property — Change... — Update...

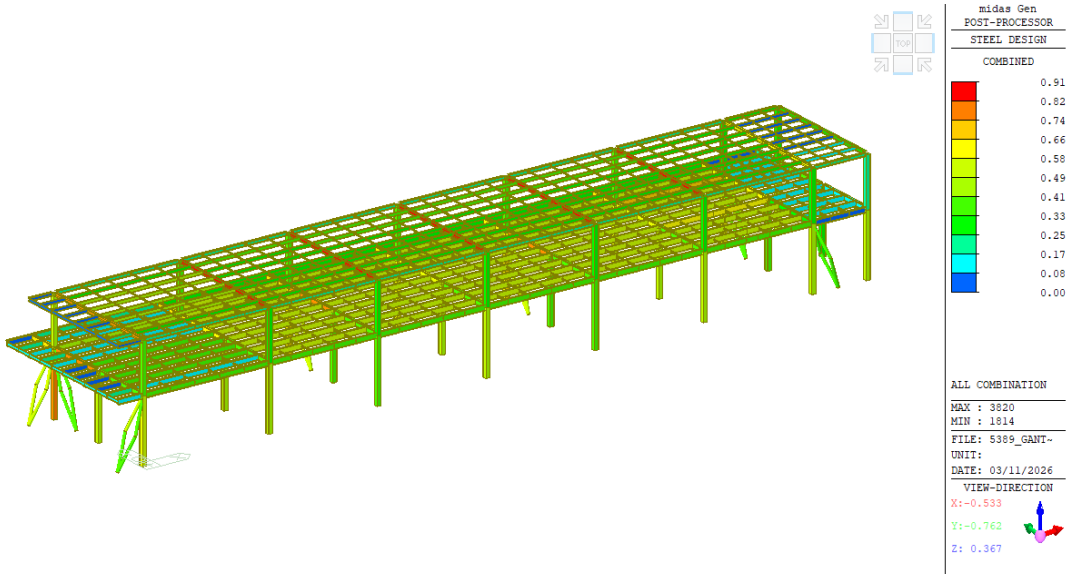
CHK	MEMB	SECT	SEL	Section	
	COM	SHR		Material	Fy
OK	768	1	☐	SHS 400x16	
	0.749	0.084		S355	355000
OK	2833	2	☐	HEA 500, HEA500	
	0.477	0.147		S355	355000
OK	1265	3	☐	IPE500	
	0.662	0.126		S355	355000
OK	4763	4	☐	HEA 100, HEA100	
	0.046	0.001		S355	355000
OK	1232	5	☐	Ø273X10	
	0.441	0.014		S355	355000
OK	3825	7	☐	HEA320	
	0.905	0.247		S355	355000
OK	4619	8	☐	IPE300	
	0.489	0.057		S355	355000
OK	3015	9	☐	UPN300	
	0.148	0.111		S355	355000
OK	14	10	☐	HEA500	
	0.810	0.367		S355	355000

Connect Model View — View Result Ratio...

Select All — Unselect All — Re-calculation — >>

Graphic... — Detail... — Summary... — Close

(Le azioni sismiche sono aumentate dell'1,34%)



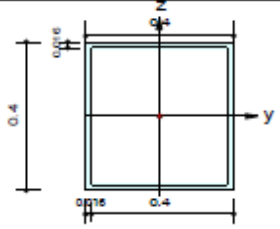
Rapporto di utilizzo

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 768
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name SHS 400x16 (No:1)
(Built-up Section).
Member Length : 6.04000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -2872.4 (LCB: 2-, POS:I)
Bending Moments My = -421.08, Mz = -200.07
End Moments Myi = -421.08, Myj = 40.2698 (for Lb)
Myi = -421.08, Myj = 40.2698 (for Ly)
Mzi = -200.07, Mzj = -103.49 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 49.1217 (LCB: 39, POS:I)
Fzz = -232.70 (LCB: 26, POS:I)

Depth	0.40000	Web Thick	0.01600
Flg Width	0.40000	Top F Thick	0.01600
Web Center	0.38400	Bot.F Thick	0.01600
Area	0.02458	Asz	0.01280
Cyb	0.05533	Czb	0.05533
Iyy	0.00061	Izz	0.00061
Ybar	0.20000	Zbar	0.20000
Wely	0.00303	Welz	0.00303
ry	0.15690	rz	0.15690

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.04000, Lz = 6.04000, Lb = 6.04000
Effective Length Factors Ky = 0.82, Kz = 0.73
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Result

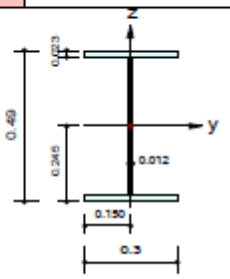
Slenderness Ratio
KL/r = 33.7 < 200.0 (Memb:776, LCB: 1+)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 2872.39/7657.03 = 0.375 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 421.08/1197.19 = 0.352 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 200.07/1197.19 = 0.167 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.749 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.020 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.084 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 2833
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA 500 (No:2)
(Rolled : HEA500).
Member Length : 12.3000



Depth	0.49000	Web Thick	0.01200
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.02300
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.02300
Area	0.01980	Asz	0.00588
Cyb	0.15890	Czb	0.01125
Iyy	0.00087	Izz	0.00010
Ybar	0.15000	Zbar	0.24500
Wely	0.00355	Welz	0.00069
ry	0.21000	rz	0.07240

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -357.90 (LCB: 2-, POS:I)
Bending Moments My = -434.43, Mz = -42.820
End Moments Myi = -434.43, Myj = -84.903 (for Lb)
Myi = -434.43, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = -42.820, Mzj = -11.432 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 28.5149 (LCB: 2+, POS:I)
Fzz = -215.79 (LCB: 26, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 12.3000, Lz = 2.64566, Lb = 2.64566
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

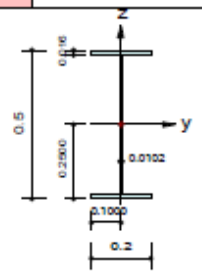
Slenderness Ratio
KL/r = 58.6 < 200.0 (Memb:2833, LCB: 2-)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 357.90/6694.29 = 0.053 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 434.43/1334.80 = 0.325 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 42.820/355.333 = 0.121 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.477 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.010 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.147 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 1265
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name IPE500 (No:3)
(Rolled : IPE500).
Member Length : 10.6000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -117.86 (LCB: 27, POS:1/2)
Bending Moments My = 395.045, Mz = 0.04406
End Moments Myi = 376.423, Myj = 376.601 (for Lb)
Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.04724, Mzj = 0.04089 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -3.6820 (LCB: 1-, POS:1/2)
Fzz = -148.96 (LCB: 20, POS:I)

Depth	0.50000	Web Thick	0.01020
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.01600
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.01600
Area	0.01160	Asz	0.00510
Cyb	0.10330	Czb	0.00500
Iyy	0.00048	Izz	0.00002
Ybar	0.10000	Zbar	0.25000
Wely	0.00193	Welz	0.00021
ry	0.20336	rz	0.04374

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 10.6000, Lz = 2.30531, Lb = 2.30531
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

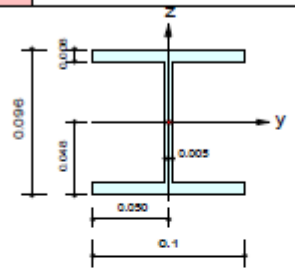
Slenderness Ratio
KL/r = 52.7 < 200.0 (Memb:1265, LCB: 27)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 117.86/3921.90 = 0.030 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 395.045/632.657 = 0.624 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.044/112.306 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.662 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.003 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.126 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 4763
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA 100 (No:4)
(Rolled : HEA100).
Member Length : 1.55000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -32.973 (LCB: 3-, POS:I)
Bending Moments My = 0.00000, Mz = 0.00000
End Moments Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Lb)
Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.00000, Mzj = 0.00000 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.00000 (LCB: 46, POS:I)
Fzz = -0.1644 (LCB: 31, POS:I)

Depth	0.09600	Web Thick	0.00500
Top F Width	0.10000	Top F Thick	0.00800
Bot.F Width	0.10000	Bot.F Thick	0.00800
Area	0.00212	Asz	0.00048
Cyb	0.00784	Czb	0.00125
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05000	Zbar	0.04800
Wely	0.00007	Welz	0.00003
ry	0.04060	rz	0.02510

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1.55000, Lz = 1.55000, Lb = 1.55000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

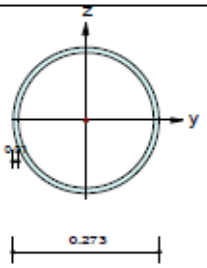
Slenderness Ratio
KL/r = 61.8 < 200.0 (Memb:4763, LCB: 3-)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 32.973/716.762 = 0.046 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 0.0000/28.0619 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.0000/13.6929 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.046 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.000 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.001 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 1232
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name Ø273X10 (No:5)
(Built-up Section).
Member Length : 3.46582



Outer Dia.	0.27300	Wall Thick	0.01000
Area	0.00826	Asz	0.00413
Cyb	0.01732	Czb	0.01732
Iyy	0.00007	Izz	0.00007
Ybar	0.13650	Zbar	0.13650
Wely	0.00052	Welz	0.00052
ry	0.09305	rz	0.09305

2. Member Forces

Axial Force Fxx = -835.34 (LCB: 3-, POS:I)
Bending Moments My = -1.6553, Mz = 0.79343
End Moments Myi = -1.6553, Myj = 0.00000 (for Lb)
Myi = -1.6553, Myj = 0.00000 (for Ly)
Mzi = 0.79343, Mzj = 0.00000 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.89837 (LCB: 17, POS:J)
Fzz = -0.4776 (LCB: 3-, POS:I)

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.80000, Lz = 6.80000, Lb = 6.80000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

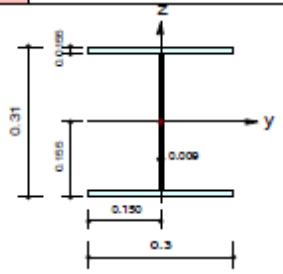
Slenderness Ratio
KL/r = 73.1 < 200.0 (Memb:1232, LCB: 3-)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 835.34/1943.94 = 0.430 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 1.655/233.970 = 0.007 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.793/233.970 = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.441 < 1.000 .. O.K
Torsion Strength
T_Ed/T_Rd = 2.951/204.612 = 0.014 < 1.000 ..... O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.001 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.000 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 3825
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA320 (No:7)
(Rolled : HEA320).
Member Length : 12.4000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -133.57 (LCB: 13, POS:J)
Bending Moments My = -442.43, Mz = 4.41487
End Moments Myi = -178.82, Myj = -442.43 (for Lb)
Myi = -323.19, Myj = -442.43 (for Ly)
Mzi = -2.1807, Mzj = 4.41487 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -12.084 (LCB: 3-, POS:1/4)
Fzz = 196.364 (LCB: 12, POS:J)

Depth	0.31000	Web Thick	0.00900
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01550
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01550
Area	0.01240	Asz	0.00279
Cyb	0.08581	Czb	0.01125
Iyy	0.00023	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.15500
Wely	0.00148	Welz	0.00047
ry	0.13600	rz	0.07490

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 12.4000, Lz = 1.55000, Lb = 1.55000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

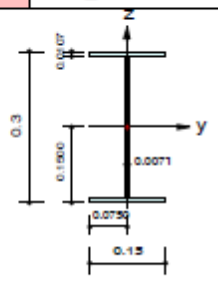
Slenderness Ratio
KL/r = 91.2 < 200.0 (Memb:3825, LCB: 13)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 133.57/2019.86 = 0.066 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 442.429/550.419 = 0.804 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 4.415/237.732 = 0.019 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.905 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.006 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.247 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 4619
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name IPE300 (No:8)
(Rolled : IPE300).
Member Length : 12.3000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -5.4878 (LCB: 9, POS:1/2)
Bending Moments My = 86.8402, Mz = 0.01448
End Moments Myi = 84.1515, Myj = 83.0389 (for Lb)
Myi = -0.9436, Myj = -0.0510 (for Ly)
Mzi = 0.01531, Mzj = 0.01348 (for Lz)
Shear Forces Fyy = 0.98789 (LCB: 3+, POS:J)
Fzz = -28.344 (LCB: 8, POS:I)

Depth	0.30000	Web Thick	0.00710
Top F Width	0.15000	Top F Thick	0.01070
Bot.F Width	0.15000	Bot.F Thick	0.01070
Area	0.00538	Asz	0.00213
Cyb	0.04240	Czb	0.00281
Iyy	0.00008	Izz	0.00001
Ybar	0.07500	Zbar	0.15000
Wely	0.00056	Welz	0.00008
ry	0.12417	rz	0.03408

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 12.3000, Lz = 2.41358, Lb = 2.41358
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

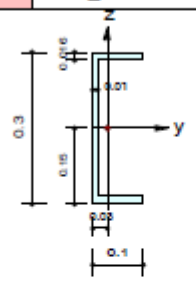
Slenderness Ratio
KL/r = 99.1 < 200.0 (Memb:4619, LCB: 9)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 5.49/1818.95 = 0.003 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 86.840/179.738 = 0.483 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 0.0145/41.8853 = 0.000 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.489 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.001 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.057 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 3015
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name UPN300 (No:9)
(Rolled : UPN300).
Member Length : 15.5000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 28.0902 (LCB: 1-, POS:3/4)
Bending Moments My = 31.5295, Mz = 5.70370
End Moments Myi = -14.081, Myj = 77.1402 (for Lb)
Myi = 0.99854, Myj = 0.12151 (for Ly)
Mzi = 5.44040, Mzj = 5.96699 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -7.7207 (LCB: 1-, POS:3/4)
Fzz = -66.969 (LCB: 26, POS:3/4)

Depth	0.30000	Web Thick	0.01000
Top F Width	0.10000	Top F Thick	0.01600
Bot.F Width	0.10000	Bot.F Thick	0.01600
Area	0.00588	Asz	0.00300
Cyb	0.03170	Czb	0.00249
Iyy	0.00008	Izz	0.00000
Ybar	0.02949	Zbar	0.15000
Wely	0.00054	Welz	0.00007
ry	0.11700	rz	0.02900

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 15.5000, Lz = 1.55000, Lb = 1.55000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

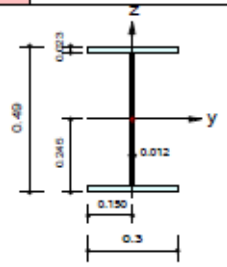
Slenderness Ratio
KL/r = 132.5 < 200.0 (Memb:3015, LCB: 1-)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/Nt_Rd = 28.09/1988.00 = 0.014 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 31.529/213.676 = 0.148 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 5.7037/48.8845 = 0.117 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM)] = 0.138 < 1.000 ..... O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.012 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.111 < 1.000 ..... O.K

midas Gen **Steel Checking Result**

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	WKS	File Name	5389_GANTRY rev 7.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 14
Material S355 (No:1)
(Fy = 355000, Es = 210000000)
Section Name HEA500 (No:10)
(Rolled : HEA500).
Member Length : 6.20000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -386.04 (LCB: 2-, POS:J)
Bending Moments My = -808.82, Mz = -74.707
End Moments Myi = -252.61, Myj = -808.82 (for Lb)
Myi = -399.30, Myj = -808.82 (for Ly)
Mzi = -56.762, Mzj = -74.707 (for Lz)
Shear Forces Fyy = -98.988 (LCB: 2-, POS:3/4)
Fzz = 538.963 (LCB: 25, POS:J)

Depth	0.49000	Web Thick	0.01200
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.02300
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.02300
Area	0.01980	Asz	0.00588
Cyb	0.15890	Czb	0.01125
Iyy	0.00087	Izz	0.00010
Ybar	0.15000	Zbar	0.24500
Wely	0.00355	Welz	0.00069
ry	0.21000	rz	0.07240

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.20000, Lz = 1.55000, Lb = 1.55000
Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

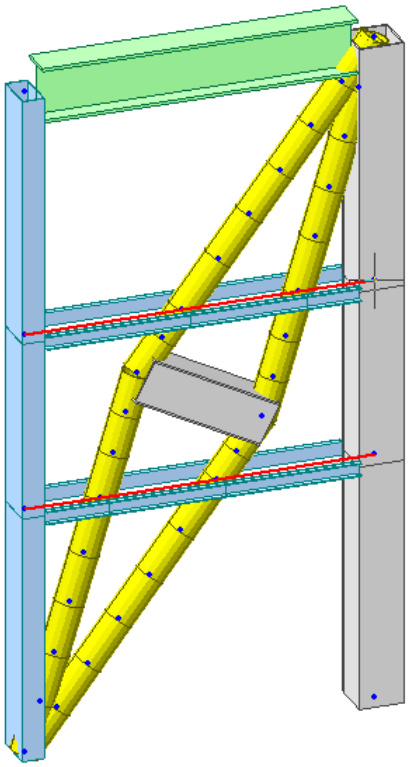
Slenderness Ratio
KL/r = 33.7 < 200.0 (Memb:2816, LCB: 1-)..... O.K
Axial Resistance
N_Ed/MIN[Nc_Rd, Nb_Rd] = 386.04/6694.29 = 0.058 < 1.000 ..... O.K
Bending Resistance
M_Edy/M_Rdy = 808.82/1334.80 = 0.606 < 1.000 ..... O.K
M_Edz/M_Rdz = 74.707/355.333 = 0.210 < 1.000 ..... O.K
Combined Resistance
R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^α + (M_Edz/Mnz_Rd)^β
R.byN = N_Ed/(A*fy/γM0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
Rc.LT1 = N_Ed/(χy*A*fy/γM1)
Rb.LT1 = (kyy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (kyz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rc.LT2 = N_Ed/(χz*A*fy/γM1)
Rb.LT2 = (Kzy*M_Edy)/(χLT*Wply*fy/γM1) + (Kzz*M_Edz)/(Wplz*fy/γM1)
Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.810 < 1.000 .. O.K
Shear Resistance
V_Edy/Vy_Rd = 0.035 < 1.000 ..... O.K
V_Edz/Vz_Rd = 0.367 < 1.000 ..... O.K

Di seguito è riportata la verifica del sistema di controvento (solo a trazione):

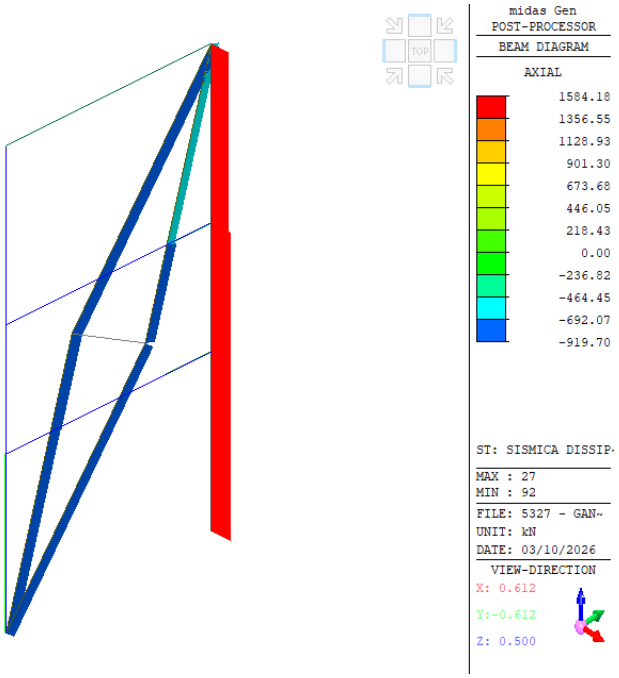
d	30	mm
fyd	355	N/mm
A	706.9	mm^2
Frd	238.9	kN
Fed (x2)	136.66	kN
cs	1.74	-

Verifica Ø30

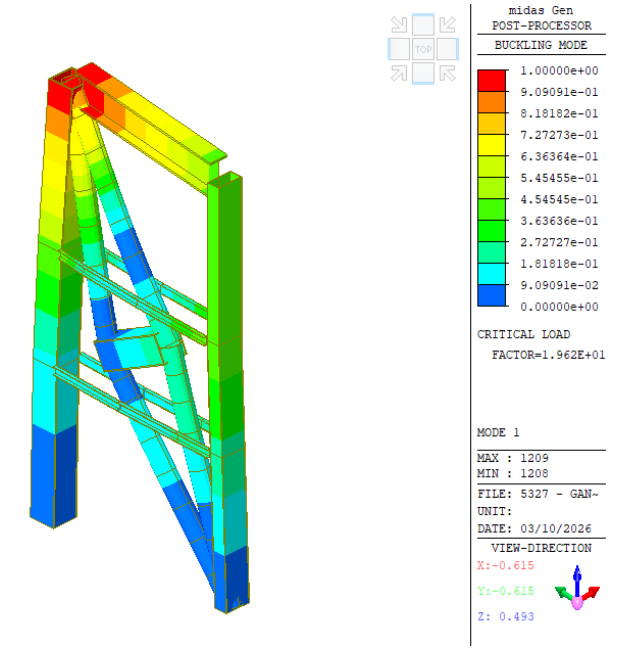
Per quanto riguarda il controvento a forbice, l'instabilità è stato valutato mediante un'analisi numerica agli elementi finiti, tenendo conto del vincolo laterale fornito da due travi 1+1UPN120. È stato applicato un fattore di sovradimensionamento pari a 1,34.



Vista 3D FEM del controvento a forbice



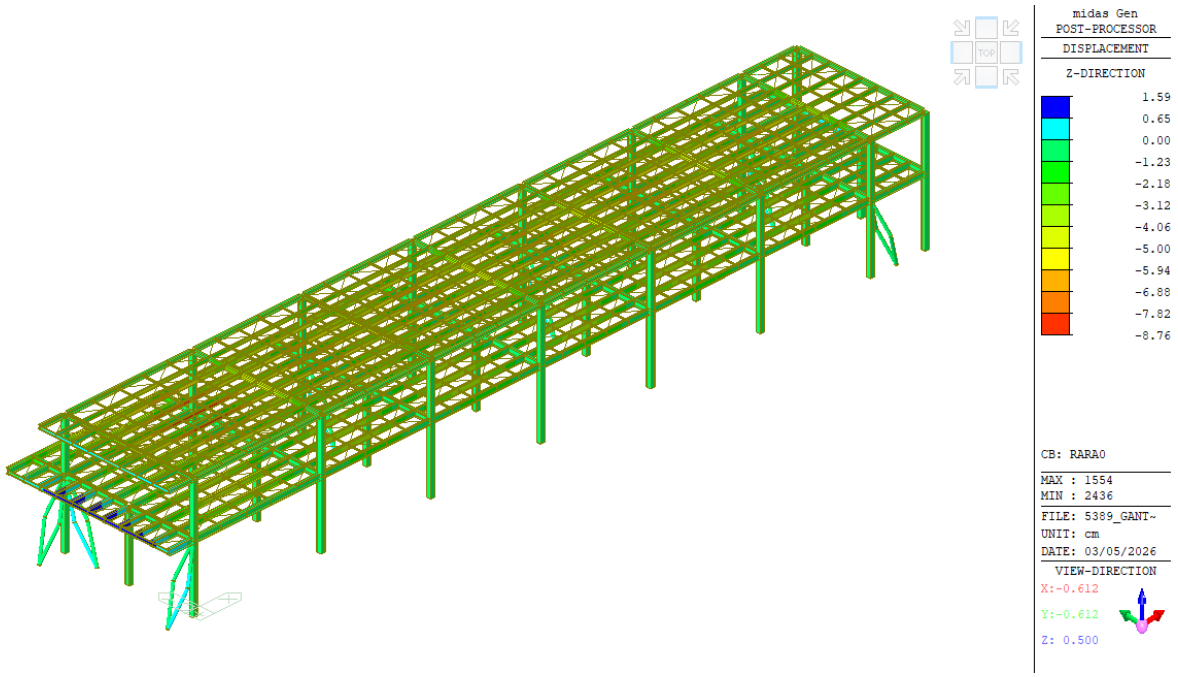
Forze assiali di progetto nel sistema di controvento



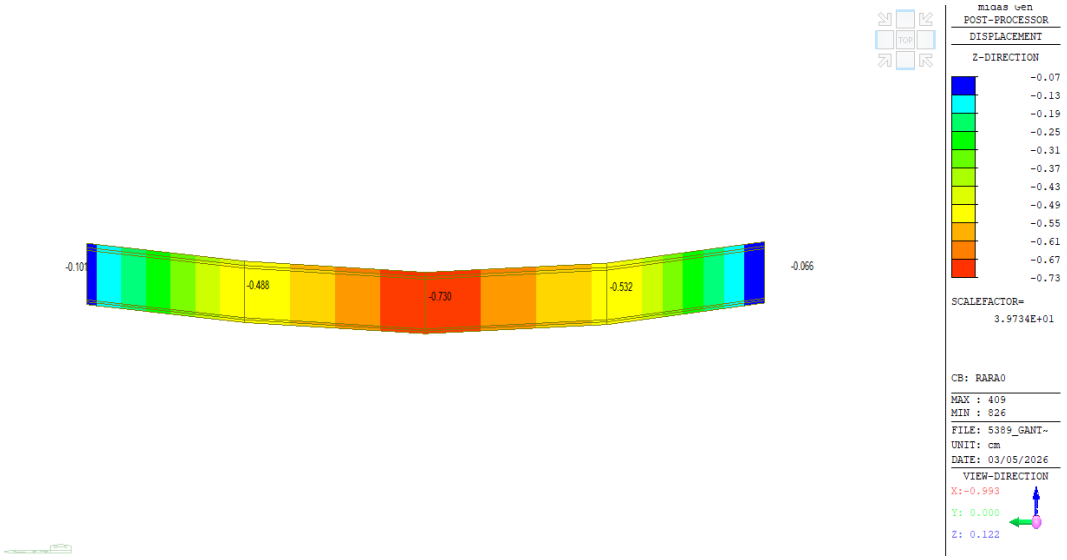
Primo modo di instabilità (fattore critico = 19,6)

Il carico critico di instabilità è pari a 19,6 × 860 kN = 16 856 kN.
La verifica di instabilità assiale risulta soddisfatta. (Per la verifica del profilo Ø273x10, si rimanda a pag. 139).

15.9. Verifica in esercizio SLE

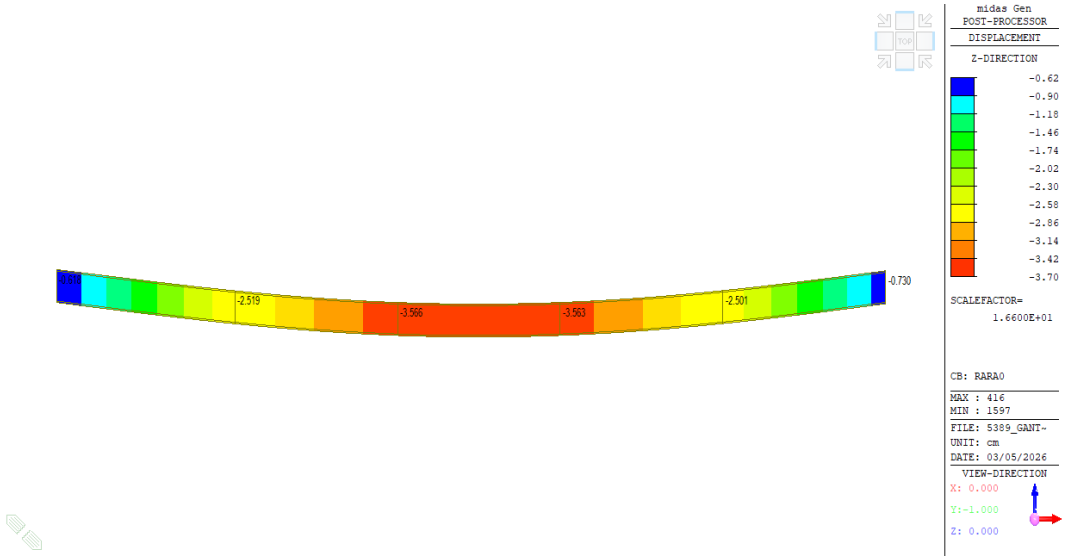


1° piano



Trave principale più sollecitata - 1° piano

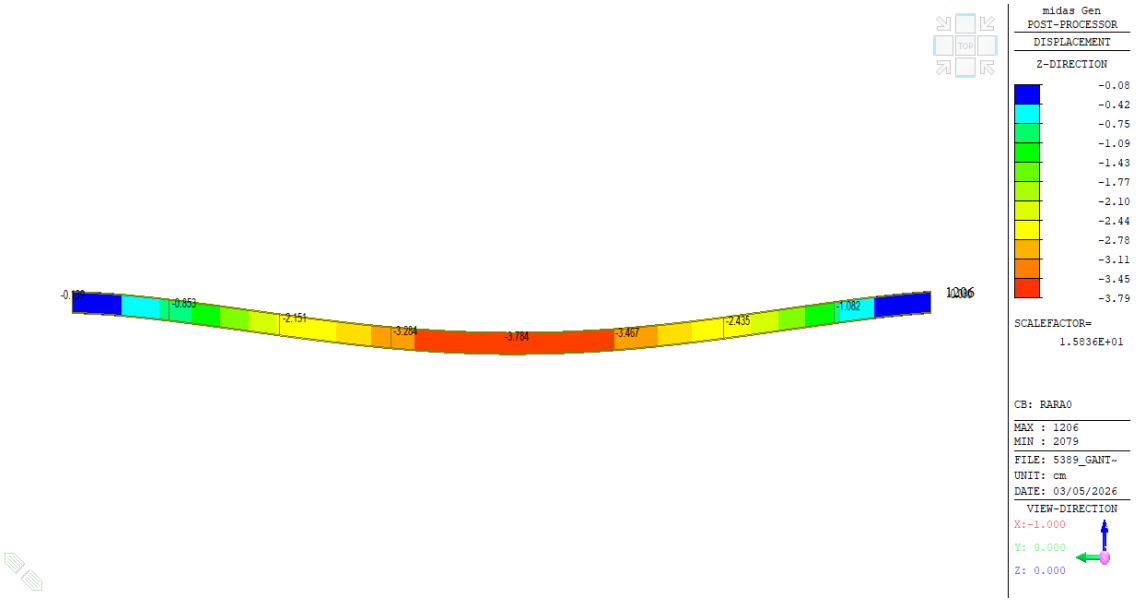
D_{max} = 6.2/250=2.48cm
D = 0.730-(0.101+0.066)/2=0.6465cm



Trave secondaria più sollecitata – 1° piano

D_{max} = 12.3/250=4.92cm
D = 3.70-(0.616+0.730)/2=3.03cm

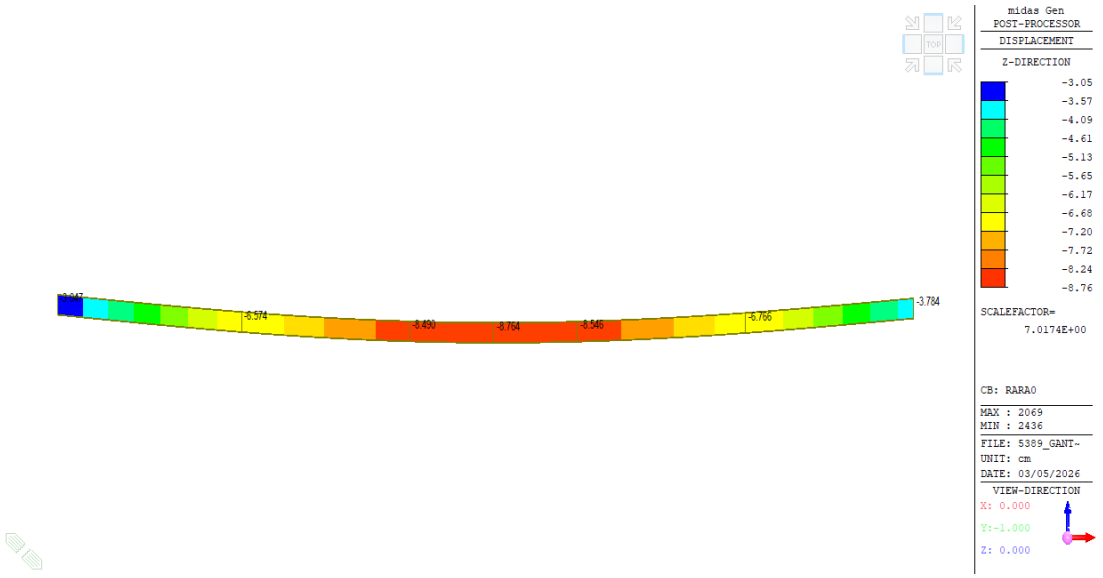
2° piano



Trave principale più sollecitata - 2° piano

D_{max} = 12.4/200=6.2cm

D = 3.79-(0.139+0.08)/2=3.68cm



Trave secondaria più sollecitata – 2° piano

D_{max} = 12.3/200=6.15cm

D = 8.76-(3.047+3.784)/2=5.34cm

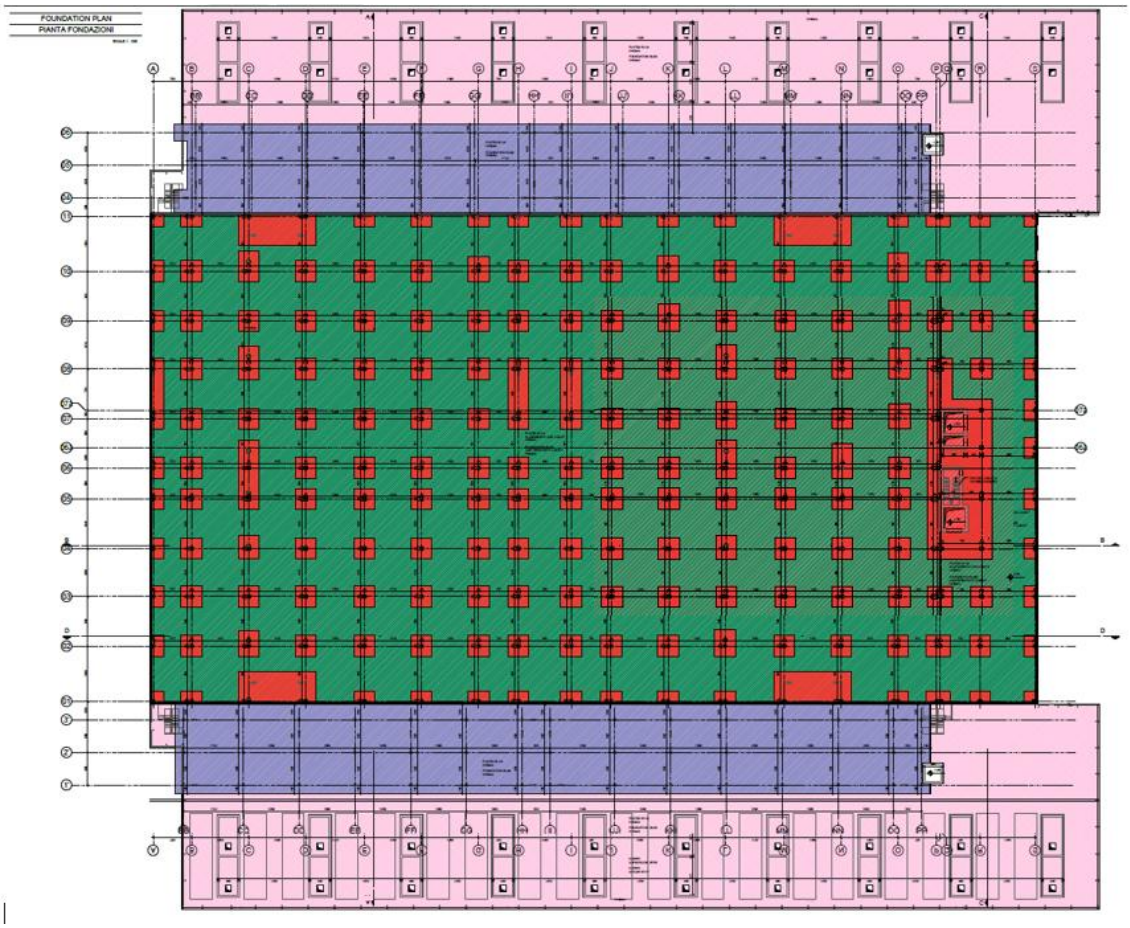
16. FONDAZIONI

Il sistema di fondazioni è costituito da una fondazione a platea con pali CFA per la data hall–uffici e il gantry, mentre per l'area esterna MEP è stata adottata una fondazione a platea.

Per la data Hall e gli uffici, la fondazione a platea ha uno spessore 90 cm. Per ottimizzare le prestazioni strutturali e ridurre il peso proprio, la soletta è alleggerita utilizzando il sistema U-BOOT. Inoltre, sotto la platea, in corrispondenza delle colonne, sono installati pali di riduzione del cedimento con diametro di 80 cm e una lunghezza di 12 m. (= non-alleggerita; =alleggerita con il sistema U-BOOT)

La fondazione del gantry è costituita da una platea di spessore 50 cm, sostenuta da pali di diametro 40 cm e lunghezza di 12 m. Anche in questo caso, i pali sono posizionati sotto le colonne. ( )

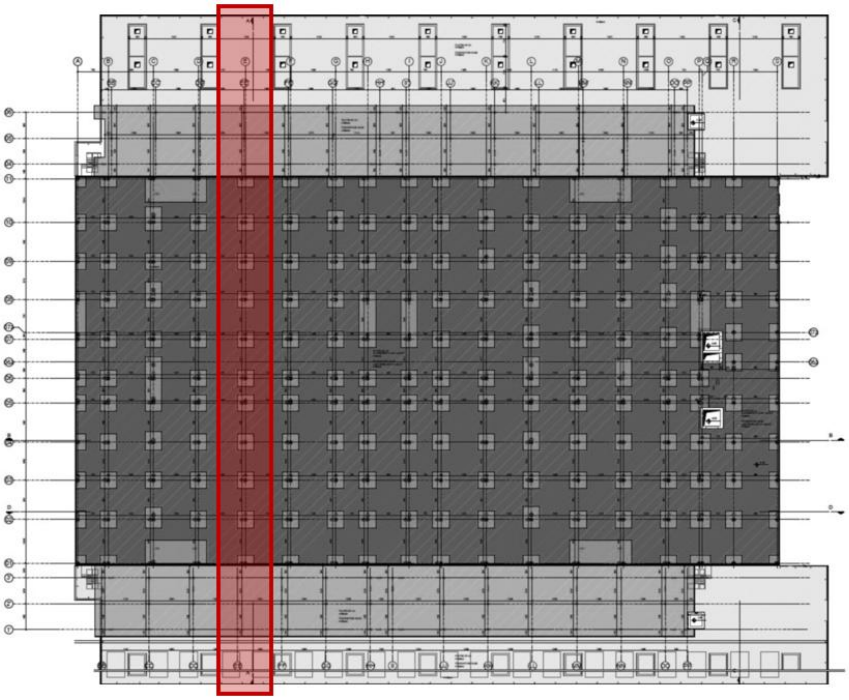
Per l'area MEP è prevista una platea di 30 cm, senza pali. ( )



Pianta Fondazione

16.1. INTERAZIONE TERRENO - STRUTTURA

Per valutare l'interazione terreno-struttura, è stato creato un modello FEA 3D non lineare utilizzando MIDAS FEA 2025 v1.1.
Nello specifico, è stata analizzata la parte evidenziata di seguito.

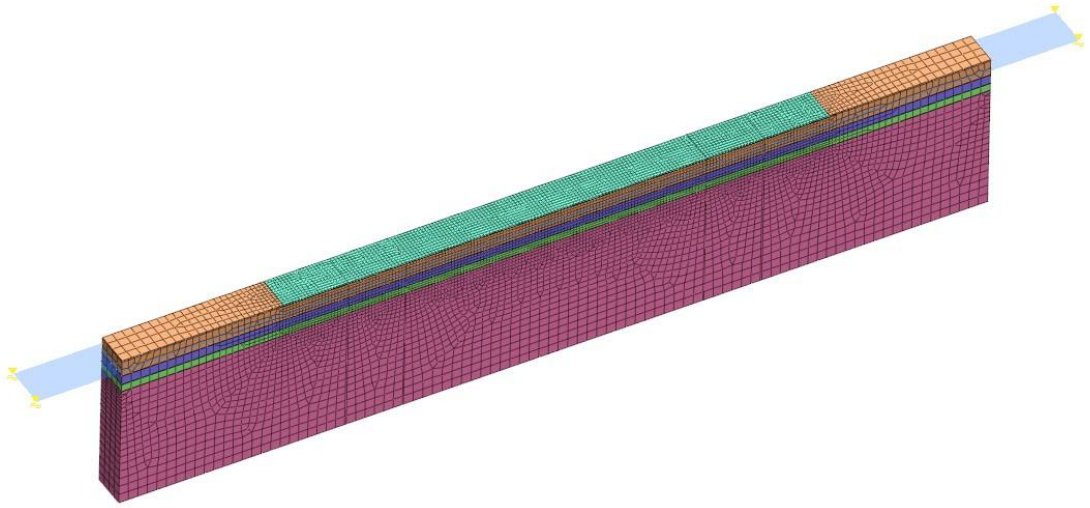


Pianta di fondazione con evidenziata la zona modellata

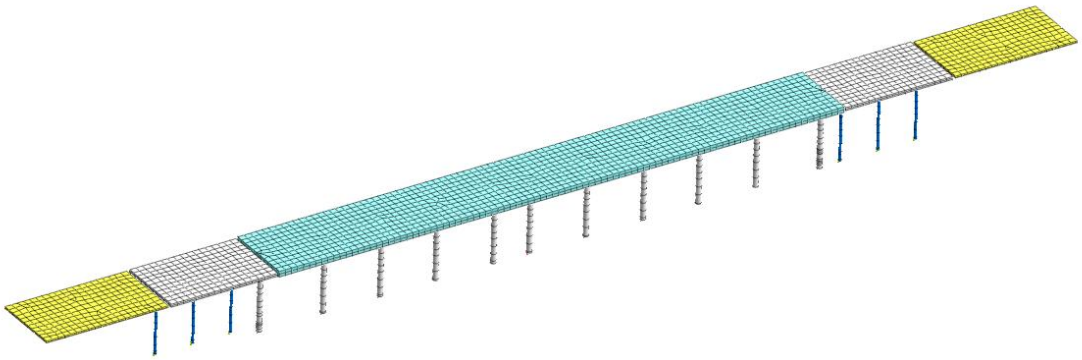
La continuità sul bordo sinistro del modello è stata simulata vincolando gli spostamenti orizzontali lungo X di tutti i nodi e la rotazione lungo l'asse Y solo per la platea di fondazione (elementi shell).

Le dimensioni del modello FE sono 270 x 11,0 x 50 (h). Il volume significativo è stato determinato verificando che la variazione della tensione verticale efficace del terreno (alla base del modello) sia inferiore al 10% delle condizioni iniziali.

Di seguito è riportata un'immagine della mesh FE 3D.



Mesh FE 3D (tutte)

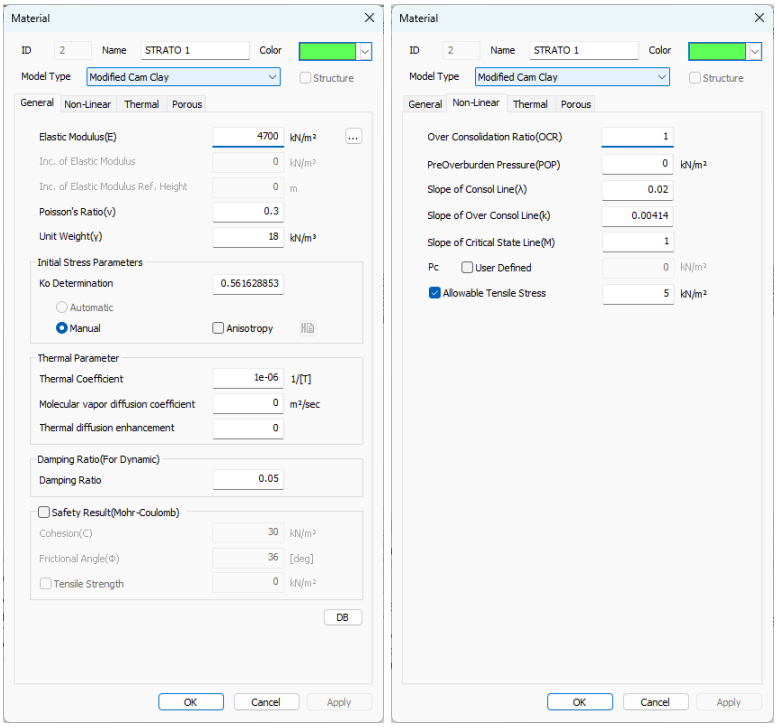


Mesh 3D FE per elementi strutturali

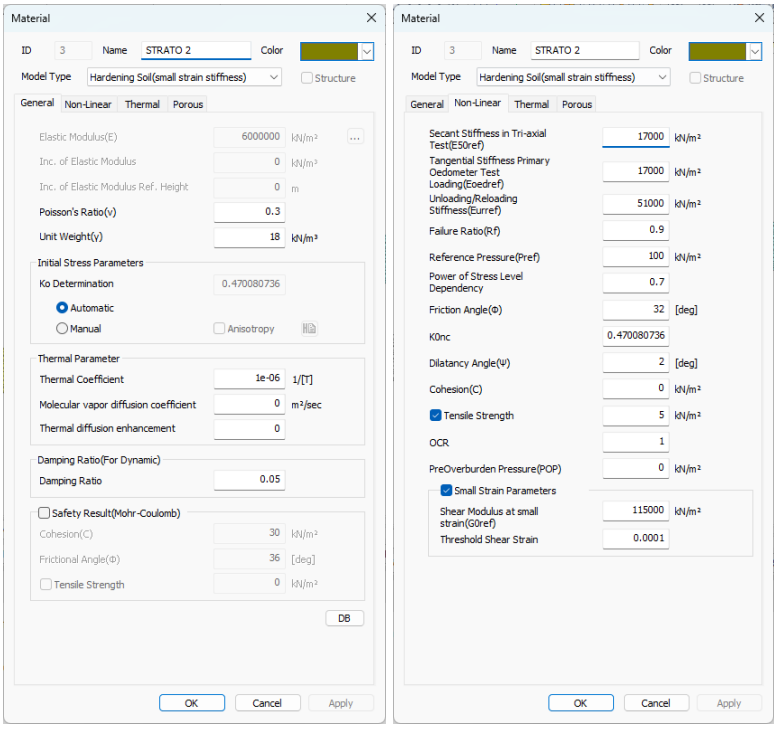
Sono stati utilizzati i seguenti elementi finiti:

- Solid per il terreno;
- Shell per la platea di fondazione;
- Embedded beams per i pali;
- Elementi di interfaccia tra pali-terreno e platea-terreno (attrito di Coulomb)

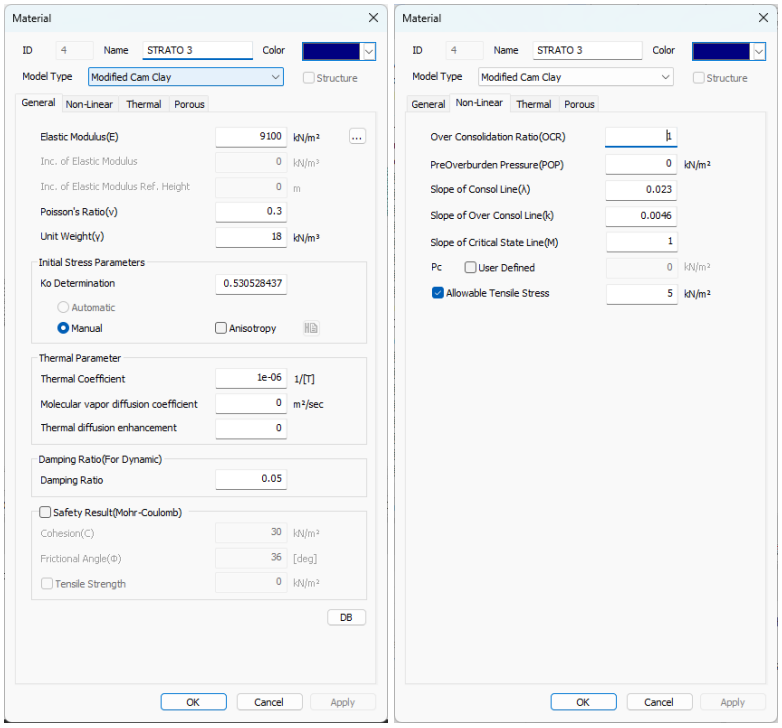
Per quanto riguarda il terreno, sono stati utilizzati un modello di terreno hardening soil (strati 2 e 4) e un modello modified cam clay (strati 1 e 3), calibrati utilizzando il modello geotecnico precedentemente definito.
Per il calcestruzzo (pali e fondazioni a platea) è stato definito un materiale elastico.
Per i pali sono stati simulati il comportamento laterale e quello in punta. Di seguito sono riportati i parametri relativi agli strati di terreno.



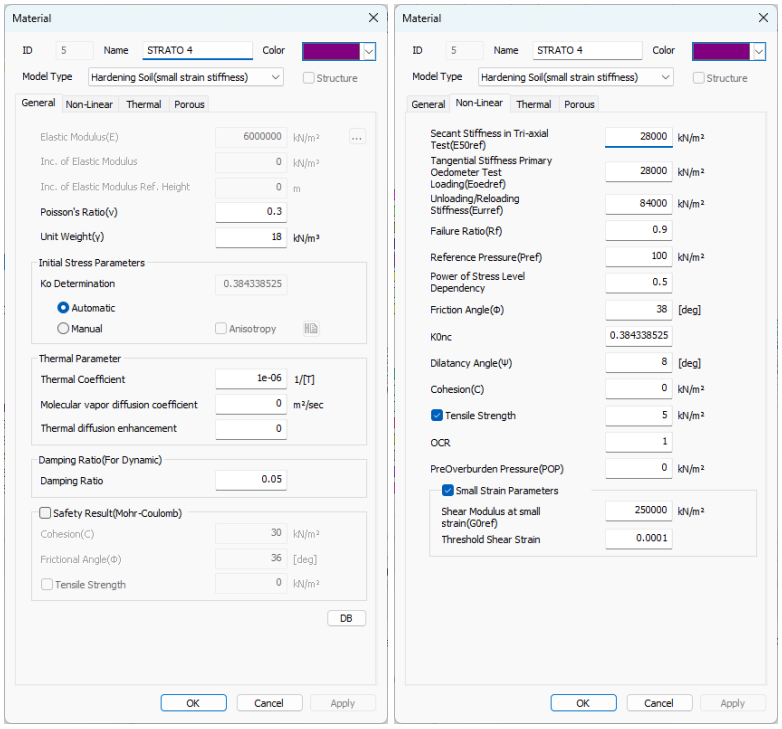
Strato 1



Strato 2



Strato 3



Strato 4

Di seguito vengono riportati i calcoli analitici relativi alla capacità portante per attrito e punta e alle curve carico-deformazione dei pali. Tali curve, ridotte mediante il fattore di correlazione (ξ=1,4) per ottenere i valori caratteristici, sono state utilizzate nelle analisi numeriche.

Pali CFA - COMPRESSIONE - Ø800

Diametro	0.80	[m]	NOTA: Devono essere compilati i campi in verde.
γb	1.35		
γs	1.15		
ξ	1.40		
z palo	12.70	[m]	H palo 12.00 [m]

n° strato	tipo terreno	ΔH_i [m]	H_f [m]	Falda 0=no; 1=sì	Palo 0=no; 1=sì	γ_n [kN/m³]	c_u [kPa]	IC ind. cons.	N_{SPT}	ϕ [°]	K
1		0.70	0.70	0	1	18.00	0.00			0.00	0.00
2		2.00	2.70	0	1	18.00	0.00			24.00	0.70
3		2.50	5.20	1	1	18.00	0.00			24.00	0.70
4		3.00	8.20	1	1	18.00	0.00			32.00	0.90
5		2.50	10.70	1	1	18.00	0.00			28.00	0.70
6		2.00	12.70	1	1	18.00	0.00			38.00	0.90
7		0.01	12.71	1	0	18.00	0.00			38.00	0.90
8			0.00								
9			0.00								

PORTATA LATERALE - Viggiani

Strato	Base palo 0=no; 1=sì	γ_n [kN/m³]	σ'_{vi} [kPa]	σ'_{vf} [kPa]	σ_{vi} [kPa]	α	β	c_a [kPa]	$\sigma'_{h,med}$ [kPa]	s [kPa]	S [kN]
1	0	18.00	0.00	12.60	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	18.00	12.60	48.60	12.6	0.000	0.312	0.00	30.60	9.54	47.94
3	0	8.00	48.60	68.60	48.6	0.000	0.312	0.00	58.60	18.26	114.75
4	0	8.00	68.60	92.60	93.6	0.000	0.562	0.00	80.60	45.33	341.77
5	0	8.00	92.60	112.60	147.6	0.000	0.372	0.00	102.60	38.19	239.94
6	0	8.00	112.60	128.60	192.6	0.000	0.703	0.00	120.60	84.80	426.26
7	1	8.00	128.60	0.08	228.6	0.000	0.703	0.00	64.34	0.00	0.00
8	0	0.00	0.08	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0	0.00	0.00	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00

$R_{sc,m}$	Portata limite laterale media	1170.65	[kN]	portata ridotta per effetto gruppo: 939.84 [kN]
R_{sd}	Portata di progetto laterale	727.11	[kN]	

PORTATA ALLA BASE - Berenzantzev

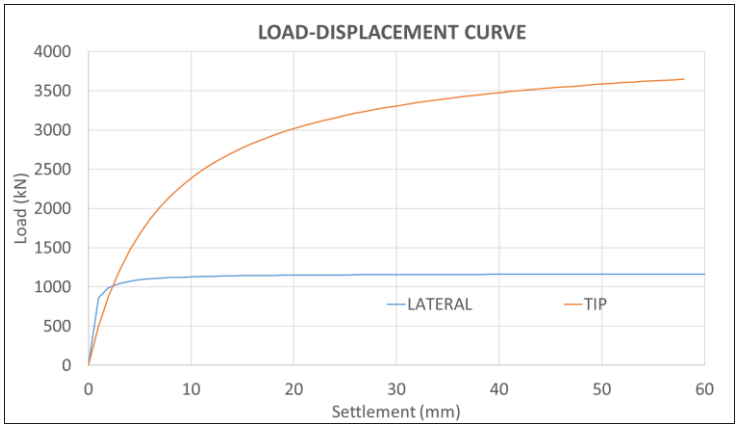
n° strato	ΔH_i [m]	H_f [m]	γ_n [kN/m³]	N_{SPT}	ϕ [°]	c_u [kPa]	σ'_{vL} [kPa]	σ_{vL} [kPa]	γ' [kN/m³]
7.00	0.01	12.70	18.00	0.00	38.00	0.00	128.60	228.60	8.00

Tabella per il calcolo di Nq

H/D	25	28	31	34	37	40
5	14.56	25.09	43.23	74.47	128.31	221.06
10	11.03	19.22	33.50	58.39	101.76	177.35
15	9.73	17.13	30.16	53.09	93.46	164.53
20	8.58	15.26	27.14	48.27	85.84	152.64
25	8.04	14.42	25.86	46.37	83.17	149.15
30	7.53	13.62	24.64	44.55	80.58	145.73

H/D	15.875	
A_b	0.50	[m²]
ϕ cal	35.00	[°]
N_q	63.40	
c	0.00	[kPa]
N_c		

$R_{bc,m}$	Portata limite di base	4098.31	[kN]
$R_{b,d}$	Portata di progetto di base	2168.42	[kN]



Pali 80cm (data hall/ufficio) – valore limite

Pali CFA - COMPRESSIONE - Ø400

Diametro	0.40	[m]	NOTA: Devono essere compilati i campi in verde.
γb	1.35		
γs	1.15		
ξ	1.40		
z palo	12.70	[m]	H palo 12.00 [m]

n° strato	tipo terreno	ΔH_i [m]	H_f [m]	Falda 0=no; 1=si	Palo 0=no; 1=si	γ_n [kN/m³]	c_u [kPa]	IC ind. cons.	N_{SPT}	ϕ [°]	K
1		0.70	0.70	0	1	18.00	0.00			0.00	0.00
2		2.00	2.70	0	1	18.00	0.00			24.00	0.70
3		2.50	5.20	1	1	18.00	0.00			24.00	0.70
4		3.00	8.20	1	1	18.00	0.00			32.00	0.90
5		2.50	10.70	1	1	18.00	0.00			28.00	0.70
6		2.00	12.70	1	1	18.00	0.00			38.00	0.90
7		0.01	12.71	1	0	18.00	0.00			38.00	0.90
8			0.00								
9			0.00								

PORTATA LATERALE - Viggiani

Strato	Base palo 0=no; 1=si	γ_n [kN/m³]	σ'_{vi} [kPa]	σ'_{vf} [kPa]	σ_{vi} [kPa]	α	β	c_a [kPa]	$\sigma'_{h,med}$ [kPa]	s [kPa]	S [kN]
1	0	18.00	0.00	12.60	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	18.00	12.60	48.60	12.6	0.000	0.312	0.00	30.60	9.54	23.97
3	0	8.00	48.60	68.60	48.6	0.000	0.312	0.00	58.60	18.26	57.38
4	0	8.00	68.60	92.60	93.6	0.000	0.562	0.00	80.60	45.33	170.88
5	0	8.00	92.60	112.60	147.6	0.000	0.372	0.00	102.60	38.19	119.97
6	0	8.00	112.60	128.60	192.6	0.000	0.703	0.00	120.60	84.80	213.13
7	1	8.00	128.60	0.08	228.6	0.000	0.703	0.00	64.34	0.00	0.00
8	0	0.00	0.08	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0	0.00	0.00	0.00	0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00

$R_{sc,m}$	Portata limite laterale media	585.32	[kN]	portata ridotta per effetto gruppo: 526.20 [kN]
R_{sd}	Portata di progetto laterale	363.56	[kN]	

PORTATA ALLA BASE - Berenzantzev

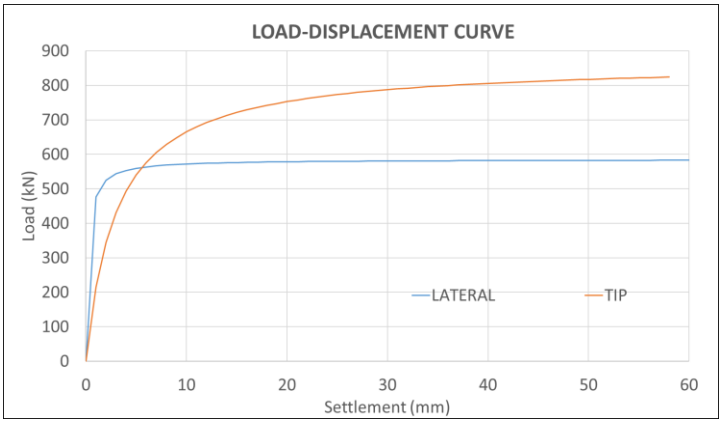
n° strato	ΔH_i [m]	H_f [m]	γ_n [kN/m³]	N_{SPT}	ϕ [°]	c_u [kPa]	σ'_{vL} [kPa]	σ_{vL} [kPa]	γ' [kN/m³]
7.00	0.01	12.70	18.00	0.00	38.00	0.00	128.60	228.60	8.00

Tabella per il calcolo di Nq

H/D	25	28	31	34	37	40
5	14.56	25.09	43.23	74.47	128.31	221.06
10	11.03	19.22	33.50	58.39	101.76	177.35
15	9.73	17.13	30.16	53.09	93.46	164.53
20	8.58	15.26	27.14	48.27	85.84	152.64
25	8.04	14.42	25.86	46.37	83.17	149.15
30	7.53	13.62	24.64	44.55	80.58	145.73

H/D	31.75	
A_b	0.13	[m²]
ϕ cal	35.00	[°]
N_q	53.69	
c	0.00	[kPa]
N_c		

$R_{bc,m}$	Portata limite di base	867.63	[kN]
$R_{b,d}$	Portata di progetto di base	459.06	[kN]

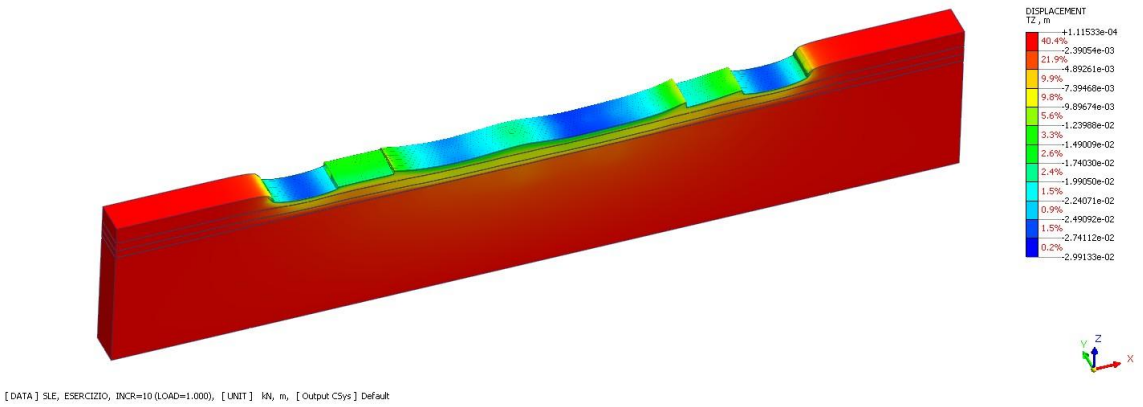


Pali 40cm (gantry) – valore limite

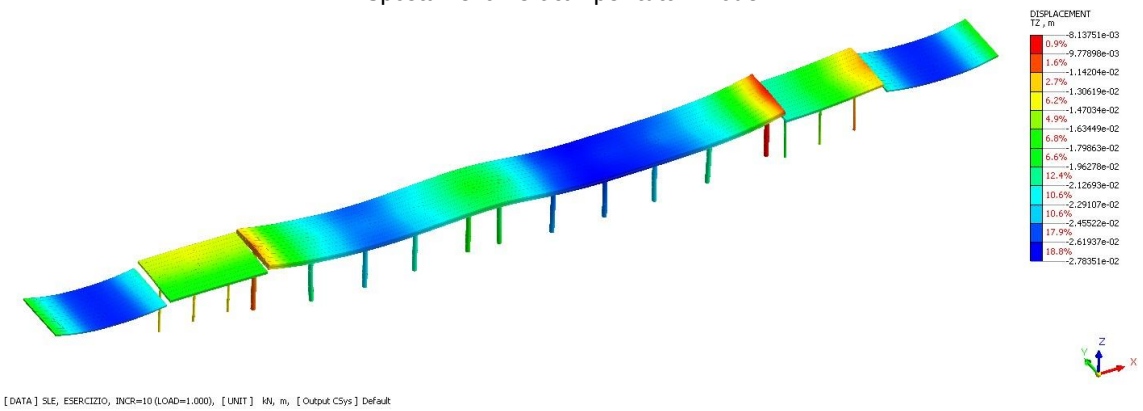
Per simulare il processo costruttivo, sono state effettuate analisi statiche non lineari per fasi di costruzione:

1. Inizializzazione (per definire le condizioni iniziali del terreno)
2. Scavo;
3. Pali;
4. Platea di fondazione;
5. Carichi SLE nella combinazione caratteristica.

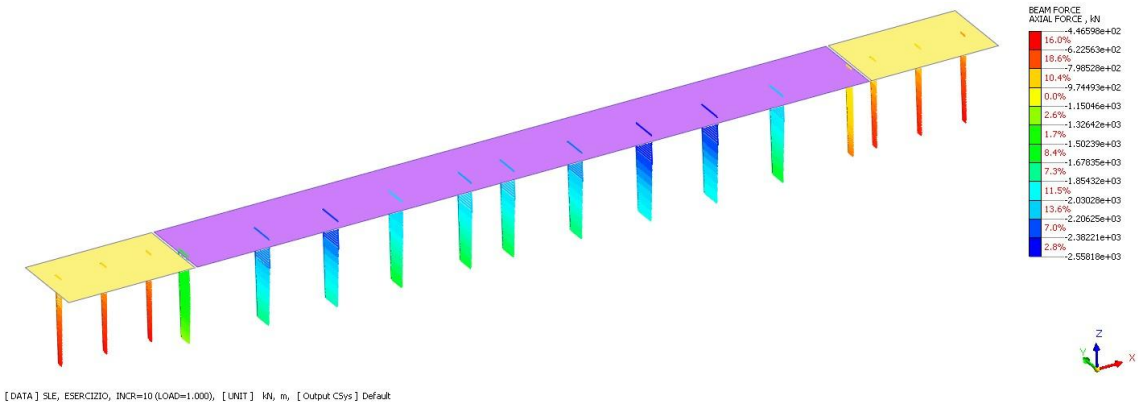
Nelle figure seguenti sono riportati i principali risultati relativi alla combinazione caratteristica SLE.



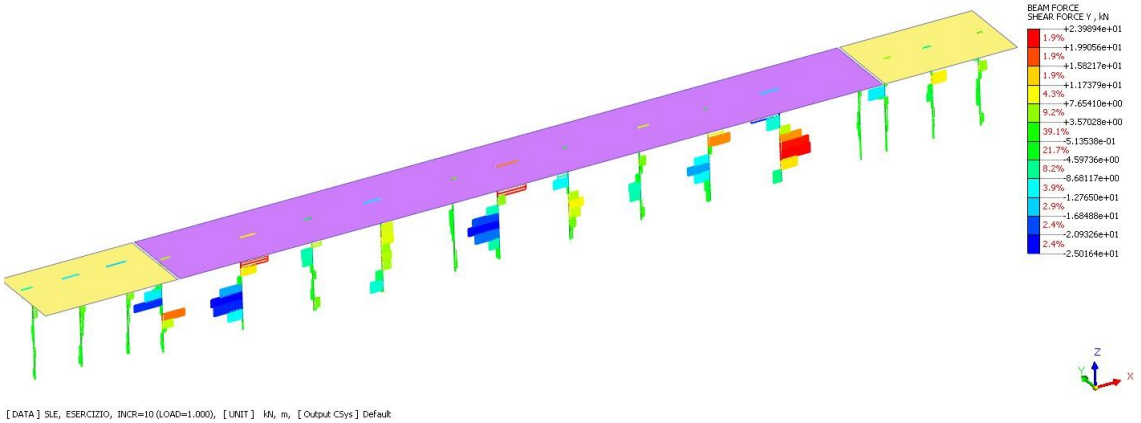
Spostamenti verticali per tutti i modelli



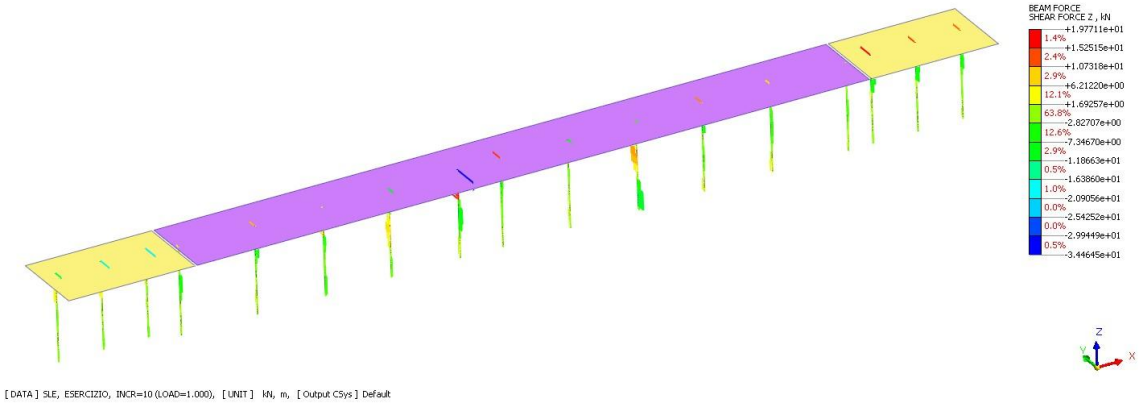
Spostamenti verticali degli elementi strutturali (pali e fondazioni continue)



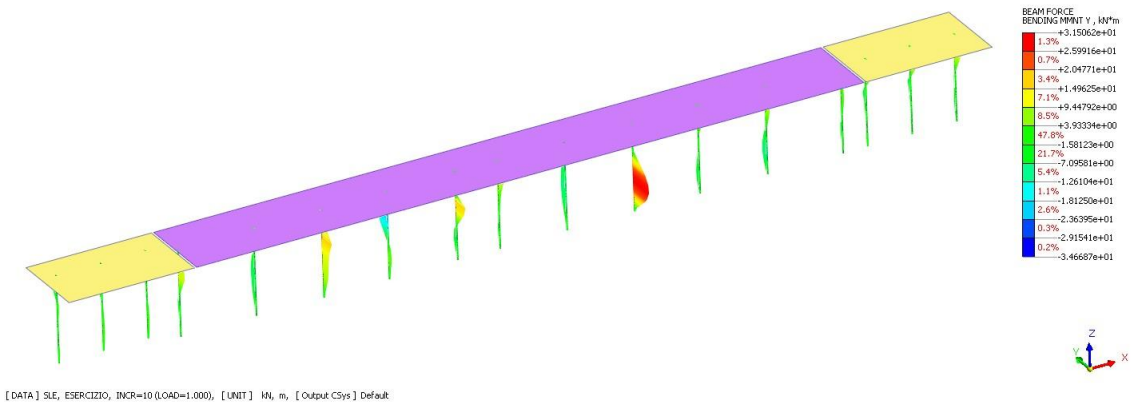
Pali: azioni assiali



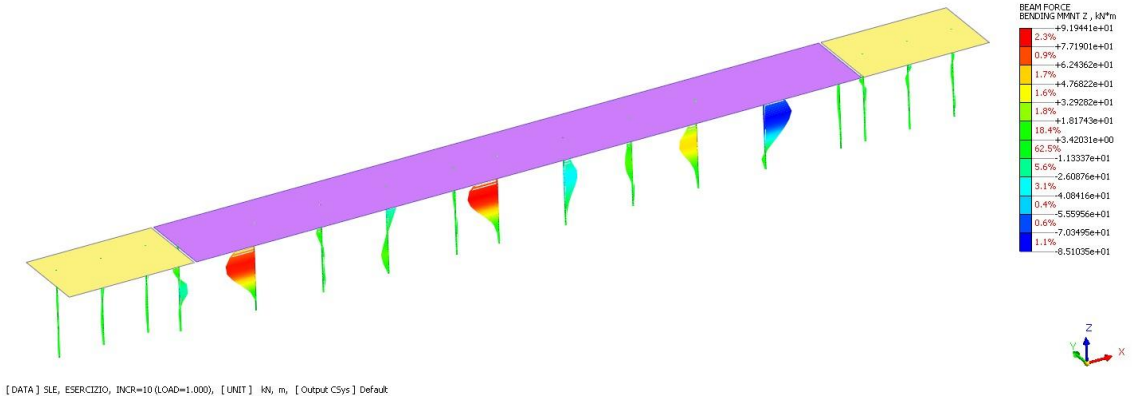
Pali: azione di taglio y



Pali: azioni di taglio z



Pali: momento flettente y



Pali: momento flettente z

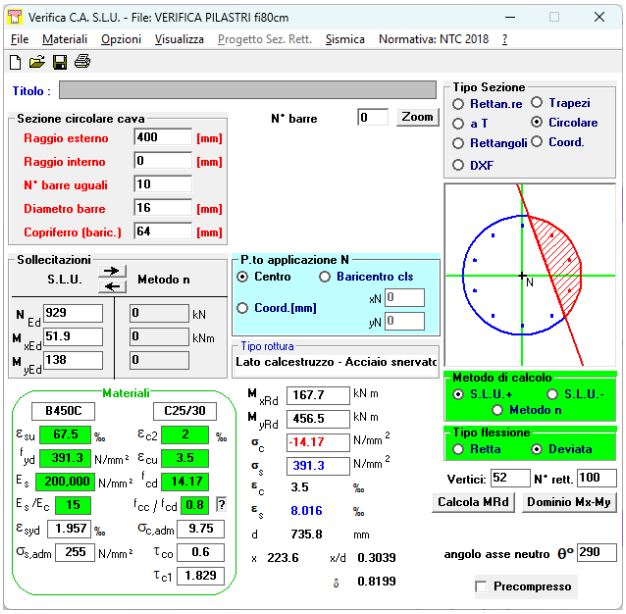
Sulla base dei risultati sopra riportati, è possibile definire le seguenti interazioni elastiche:

- $k_{DH\_UFFICIO,\ PALI}$ = 97000 kN/m
- $k_{DH\_UFFICIO,\ PALTEA}$ = 1900 kN/m^3
- $k_{Gantry,\ PALI}$ = 55000 kN/m
- $k_{Gantry,\ PLATEA}$ = 1650 kN/m^3
- $k_{MEP,\ PLATEA}$ = 1300 kN/m^3

I valori sopra indicati sono stati utilizzati nel modello FE sviluppato in Midas GEN per eseguire le verifiche strutturali delle fondazioni.

Verifiche STR per Pali

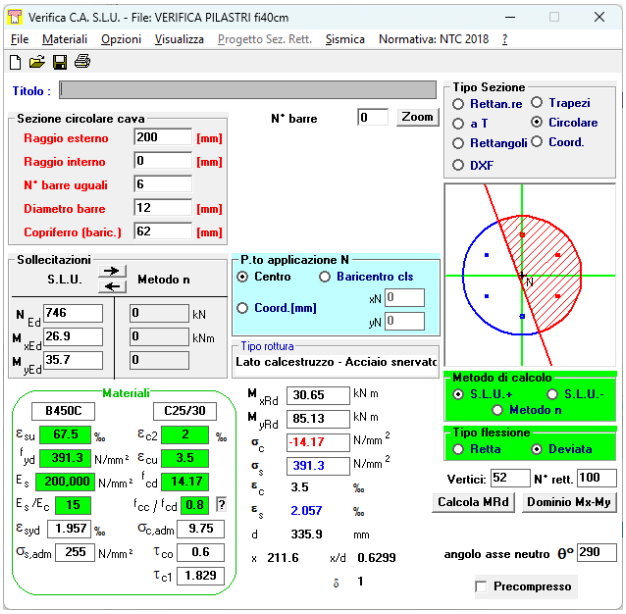
Ai sensi del paragrafo 6.4.3.3 della norma NTC18, per i pali previsti per la riduzione dei cedimenti, di seguito sono riportate le verifiche SLU.



CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	RESISTENZA A COMPRESSIONE CUBICA CARATTERISTICA DEL CALCESTRUZZO	R_{ck} =	30 N/mmq	N/mm²
	RESISTENZA CARATTERISTICA A SNERVAMENTO DELL'ACCIAIO	f_{yk} =	450	N/mm²
	RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO	f_{cd} =	14.10	N/mm²
	RESISTENZA A COMPRESSIONE RIDOTTA DEL CLS D'ANIMA ($f'_{cd} = v'f_{cd}$)	f'_{cd} =	7.05	N/mm²
	RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE DELL'ACCIAIO	f_{td} =	391.30	N/mm²
GEOMETRIA DELLA SEZIONE	TIPO ELEMENTO		SOLAIO	
	LARGHEZZA MINIMA DELLA SEZIONE (b_w)	b_w =	67.4	cm
	ALTEZZA SEZIONE	h =	67.3	cm
	COPRIFERRO (riferito all'asse barra)	c =	5.0	cm
	DIAMETRO SEZIONE	d =	62.3	cm
GEOMETRIA EQUIVALENTE DELLA SEZIONE CIRCOLARE		D =	80.0	cm
	METODO DI CLARKE E BIRJANDI	b_w =	67.4	cm
		h =	67.3	cm
	METODO DEL QUADRATO INSCRITTO	b_w =	56.6	cm
		h =	61.6	cm

ARMATURA A TAGLIO	DIAMETRO STAFFE (ϕ)	ϕ =	8.00	mm
	NUMERO BRACCI STAFFE	n_{bt} =	2	-
	PASSO STAFFE	s =	20.0	cm
	AREA TOTALE STAFFE "A_{sw}"	A_{sw} =	100.53	mm²
	ARMATURA A TAGLIO AL METRO	A_{sw}/s =	502.65	mm²/m
	INCLINAZIONE DELL'ARMATURA TRASVERSALE RISPETTO ALL'ASSE DELL'ELEM	α =	90	-
PARAMETRI DI CALCOLO PER ELEMENTI COMPRESSI	SFORZO NORMALE "N_{Ed}"	N_{Ed} =	0.00	kN
	TENSIONE MEDIA DI COMPRESSIONE NELLA SEZIONE ($\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$)	σ_{cp} =	0.000	N/mm²
	COEFFICIENTE MAGGIORATIVO "α_{cw}"	α_{cw} =	1.000	-
CALCOLO ctgθ	INCLINAZIONE **OTTIMALE** DEI PUNTONI DI CALCESTRUZZO RISPETTO ALL'ASS	ctgθ teorico	4.812	11.74°
	ctgθ DI CALCOLO	$1 \le ctg\theta \le 2,5$	2.500	21.80°
CALCOLO RESISTENZA A TAGLIO	RESISTENZA A TAGLIO TRAZIONE: $V_{Rsd}=0,9*d*(A_{sw}/s)*f_{yd}*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$	V_{Rsd} =	278.37	kN
	RESISTENZA A TAGLIO COMPRESSIONE: $V_{Rcd}=0,9*d*b_w*\alpha_c*f'_{cd}*(ctg\alpha+ctg\theta)/(1+ctg^2\theta)$	V_{Rcd} =	927.56	kN
	TIPO ROTTURA		Lato ACCIAIO	
	SOLAIO in C.A. (bxh) = 67.4x66.9 [cm] con		staffe ϕ8/20'' a 2 bracci	
	RESISTENZA A TAGLIO DEL SOLAIO: VRd = MIN(VRsd;VRcd)	V_{Rd} =	278.37 kN	
	TAGLIO SOLLECITANTE	V_{Ed} =	49.00 kN	V

Pali Φ80cm



CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	RESISTENZA A COMPRESSIONE CUBICA CARATTERISTICA DEL CALCESTRUZZ(	R_{ck} =	30 N/mmq	N/mm²
	RESISTENZA CARATTERISTICA A SNERVAMENTO DELL'ACCIAIO	f_{yk} =	450	N/mm²
	RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO	f_{cd} =	14.10	N/mm²
	RESISTENZA A COMPRESSIONE RIDOTTA DEL CLS D'ANIMA ($f'_{cd} = \nu' f_{cd}$)	f'_{cd} =	7.05	N/mm²
	RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE DELL'ACCIAIO	f_{yd} =	391.30	N/mm²
GEOMETRIA DELLA SEZIONE	TIPO ELEMENTO		SOLAIO	
	LARGHEZZA MINIMA DELLA SEZIONE (b_w)	b_w =	33.7	cm
	ALTEZZA SEZIONE	h =	34.5	cm
	COPRIFERRO (riferito all'asse barra)	c =	5.0	cm
	DIAMETRO SEZIONE	d =	29.5	cm
GEOMETRIA EQUIVALENTE DELLA SEZIONE CIRCOLARE		D =	40.0	cm
	METODO DI CLARKE E BIRJANDI	b_w =	33.7	cm
		h =	34.5	cm
	METODO DEL QUADRATO INSCRITTO	b_w =	28.3	cm
		h =	33.3	cm

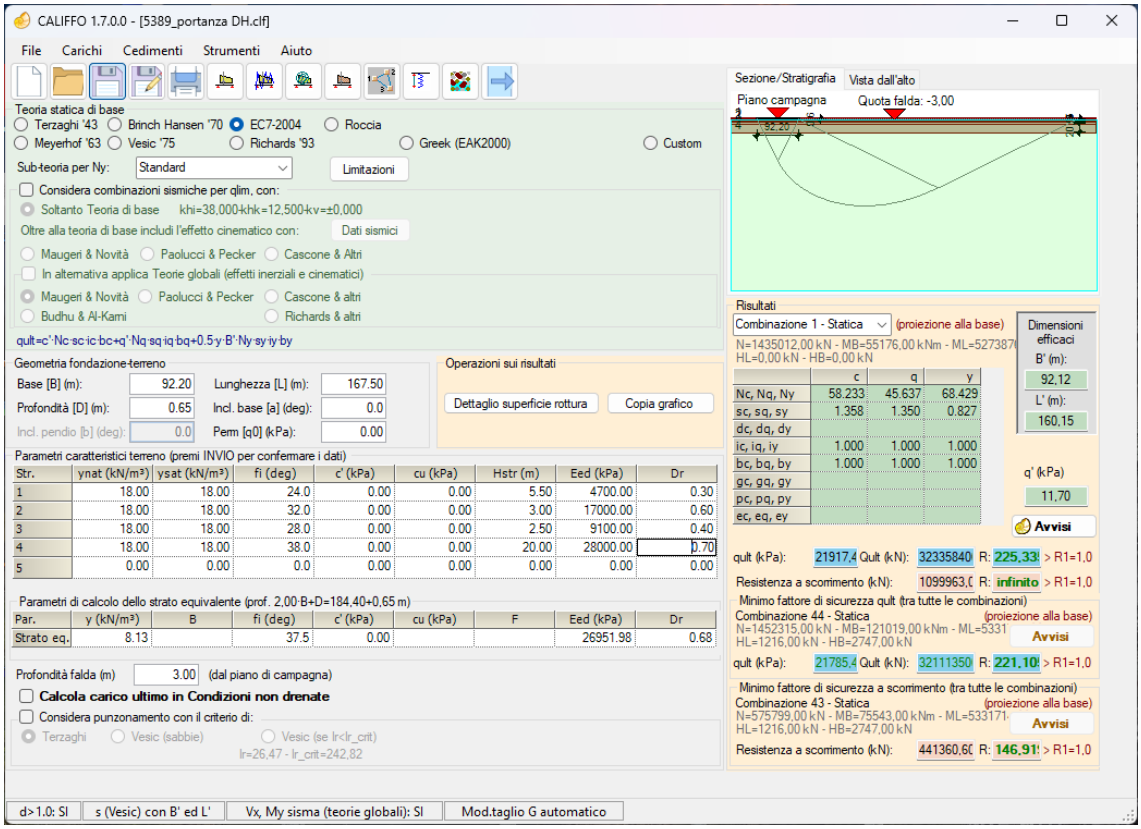
ARMATURA A TAGLIO	DIAMETRO STAFFE (ϕ)	ϕ =	8.00	mm
	NUMERO BRACCI STAFFE	n_{sz} =	2	-
	PASSO STAFFE	s =	20.0	cm
	AREA TOTALE STAFFE "A_{sw}"	A_{sw} =	100.53	mm²
	ARMATURA A TAGLIO AL METRO	A_{sw}/s =	502.65	mm²/m
	INCLINAZIONE DELL'ARMATURA TRASVERSALE RISPETTO ALL'ASSE DELL'ELEM	α =	90	°
PARAMETRI DI CALCOLO PER ELEMENTI COMPRESSI	SFORZO NORMALE "N_{Ed}"	N_{Ed} =	0.00	kN
	TENSIONE MEDIA DI COMPRESSIONE NELLA SEZIONE ($\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$)	σ_{cp} =	0.000	N/mm²
	COEFFICIENTE MAGGIORATIVO "α_{cw}"	α_{cw} =	1.000	-
CALCOLO ctgθ	INCLINAZIONE **OTTIMALE** DEI PUNTONI DI CALCESTRUZZO RISPETTO ALL'ASS	ctgθ teorico	3.329	16.72°
	ctgθ DI CALCOLO	$1 \le ctg\theta \le 2,5$	2.500	21.80°
CALCOLO RESISTENZA A TAGLIO	RESISTENZA A TAGLIO TRAZIONE: $V_{Rsd}=0,9*d*(A_{sw}/s)*f_{yd}*(ctg\alpha+ctg\theta)*\sin\alpha$	V_{Rsd} =	130.55	kN
	RESISTENZA A TAGLIO COMPRESSIONE: $V_{Rcd}=0,9*d*b_w*\nu'*(ctg\alpha+ctg\theta)/(1+ctg^2\theta)$	V_{Rcd} =	217.51	kN
	TIPO ROTTURA		Lato ACCIAIO	
	SOLAIO in C.A. (bxh) = 33.7x34.5 [cm] con		staffe ϕ8/20'' a 2 bracci	
	RESISTENZA A TAGLIO DEL SOLAIO: VRd = MIN(VRsd;VRcd)	V_{Rd} =	130.55 kN	
	TAGLIO SOLLECITANTE	V_{Ed} =	36.50 kN	V

Pali Φ40cm

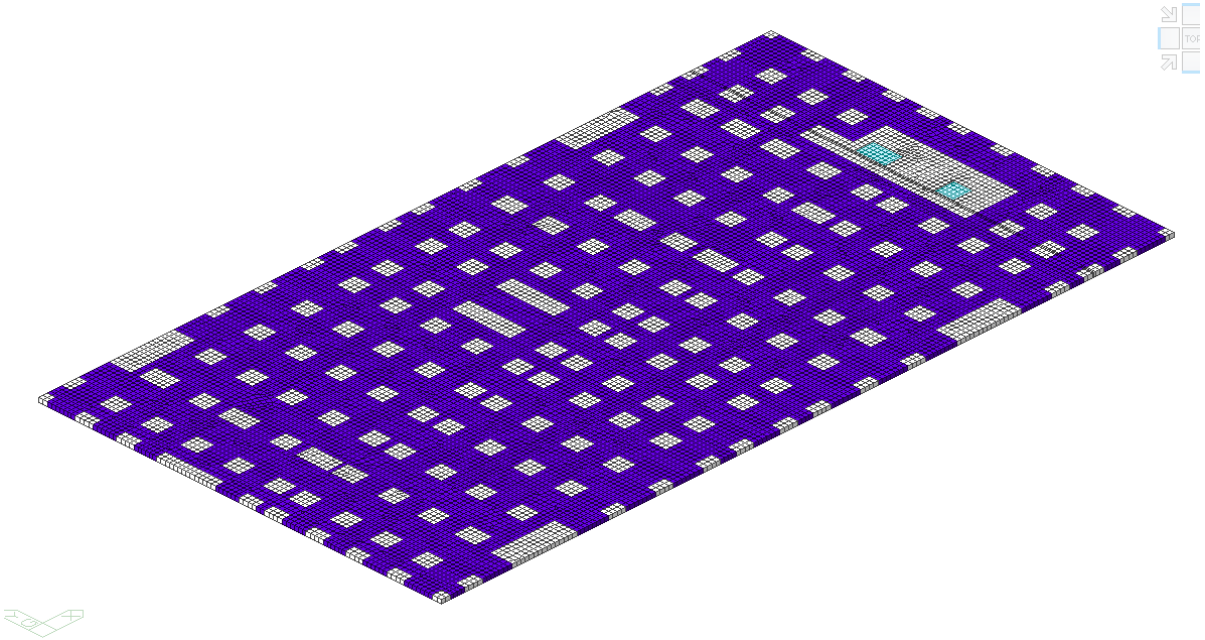
Verifiche STR/GEO delle fondazioni a platea

Verifiche GEO: DATA HALL - BLOCCO UFFICI

Di seguito viene presentata la verifica della capacità portante delle fondazioni in conformità alla normativa NTC18 §6.4.3.3.

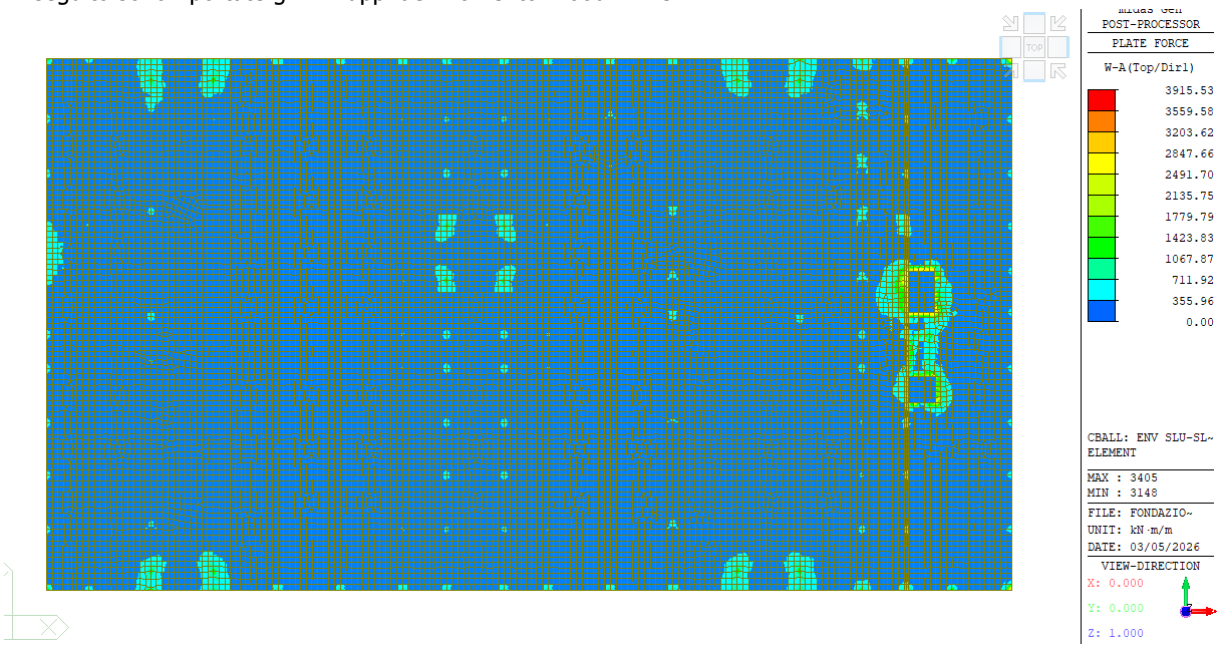


Verifiche STR:

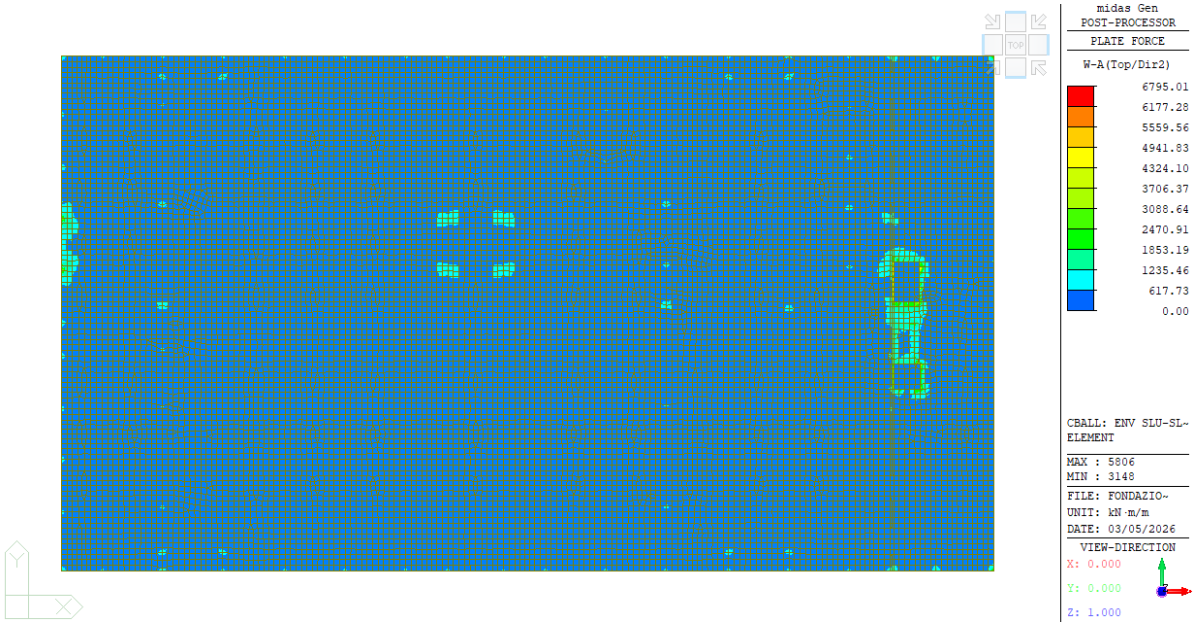


Modello FEM – pianta fondazione

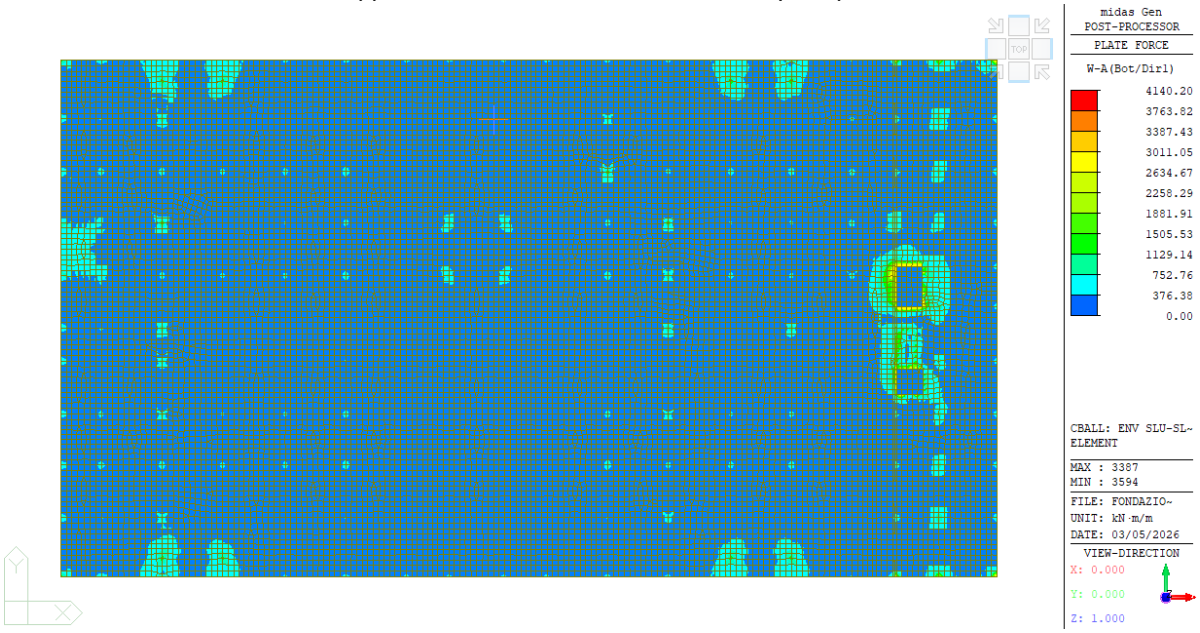
Di seguito sono riportate gli inviluppi del momento Wood-Armer..



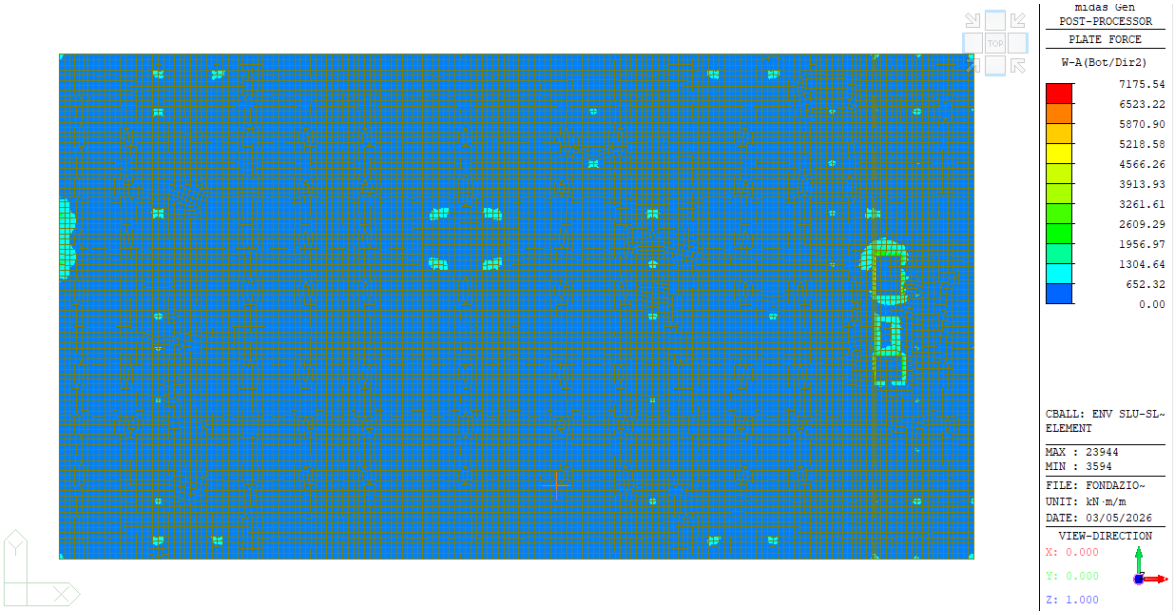
Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione y - sup

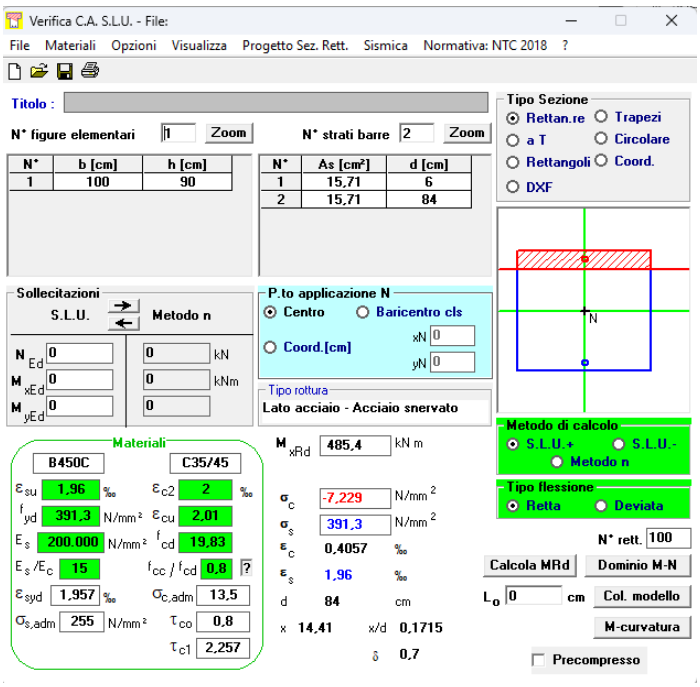


Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione x - bottom



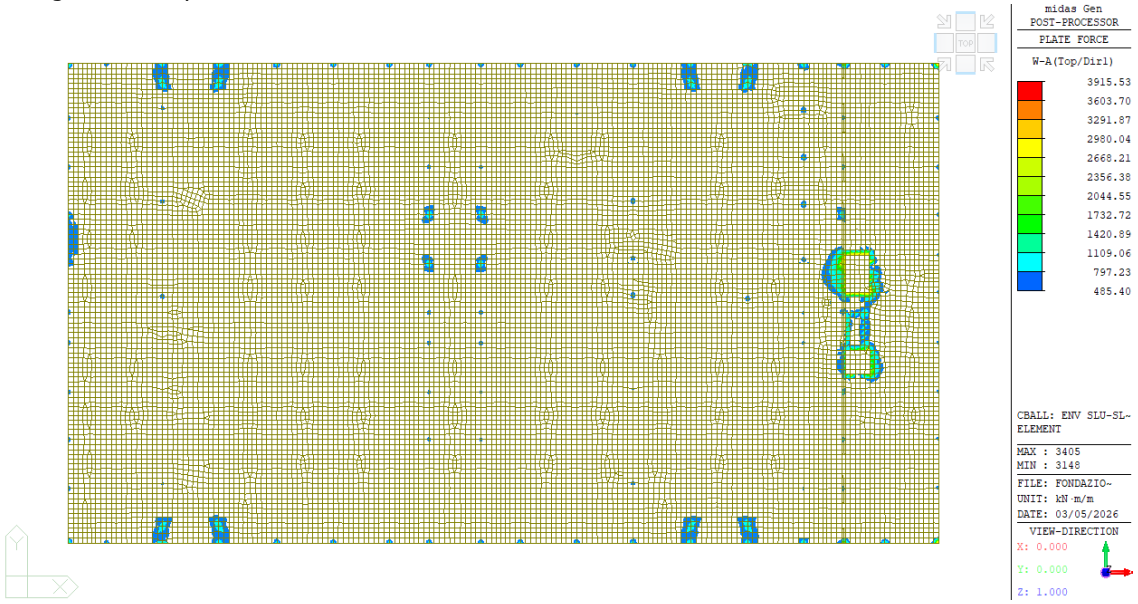
Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione y - bottom

Le armature di base fornite sono le seguenti: ø20/20 cm x 20 cm (superiore) e ø20/20 cm x 20 cm (inferiore).
Nella figura seguente sono riportate le verifiche di flessione negativa e quella positiva.

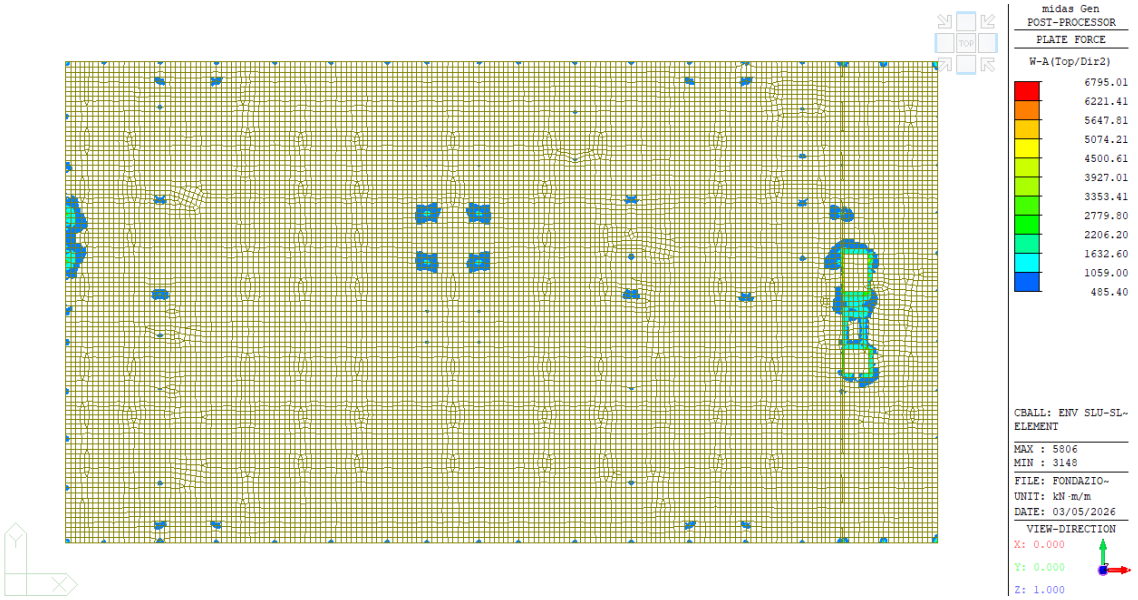


Calcolo momento di resistenza a flessione negativa/positiva

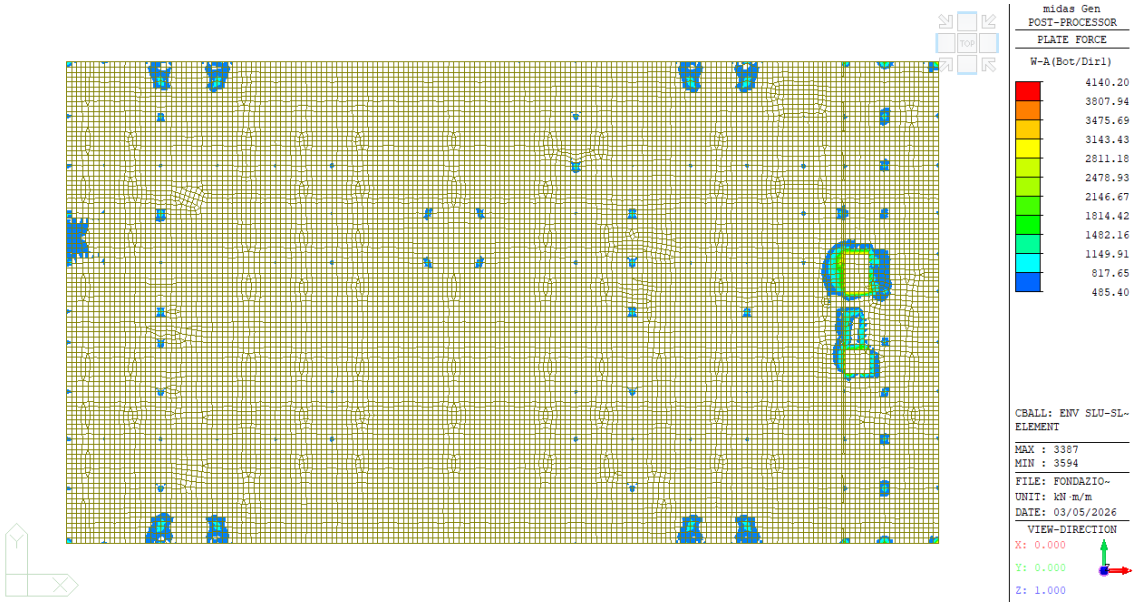
Di seguito sono riportate le di sollecitazioni filtrate in base al momento resistente



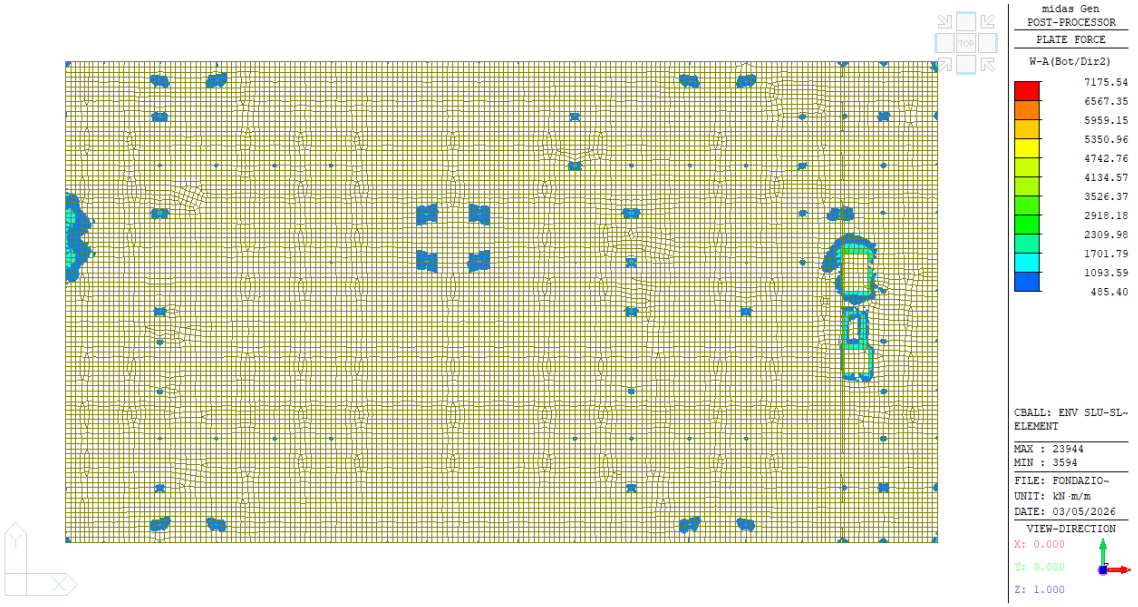
Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione y - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione x - inf

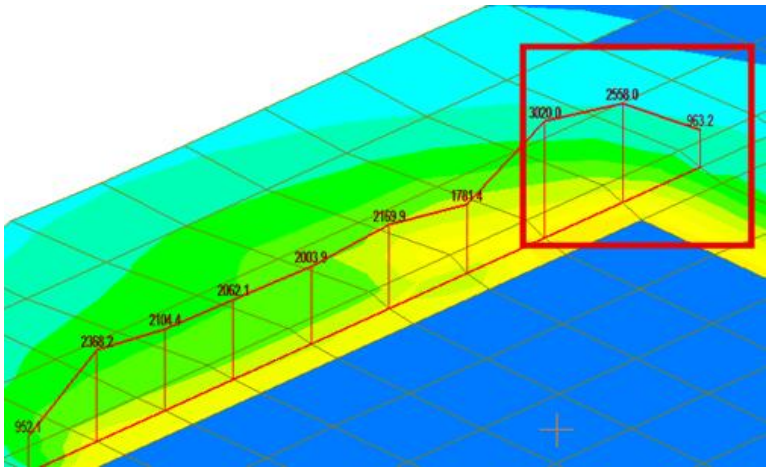


Inviluppo momenti Wood-Armer in direzione y - inf

Ove le sollecitazioni superano il momento resistente, vengono aggiunte armature di rinforzo.

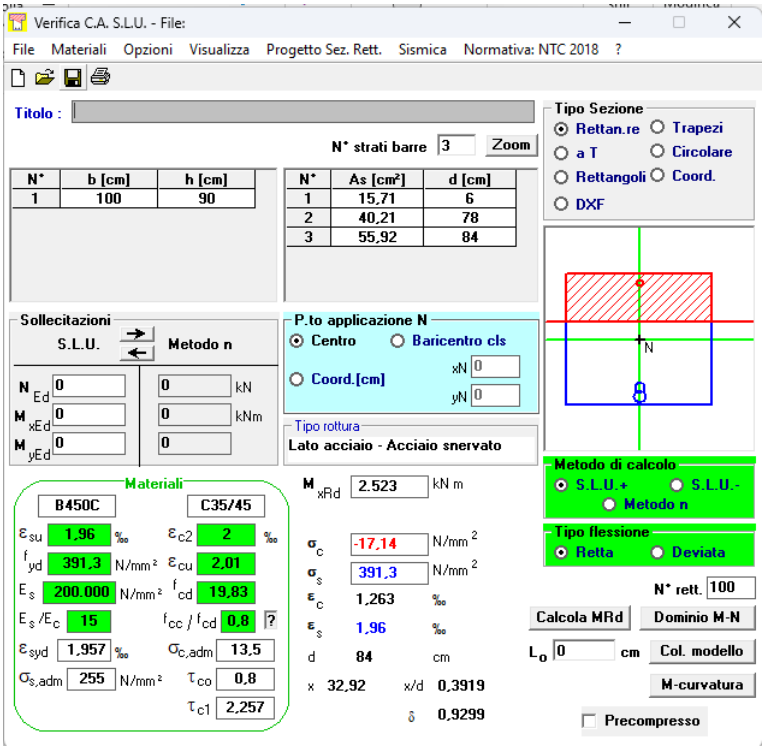
Esempio di analisi di picco

Nelle aree di picco indicate in bianco nelle immagini precedenti, è stata eseguita un'integrazione lineare per ottenere il valore medio del momento flettente. Di seguito è riportato il valore massimo del momento flettente inferiore di Wood–Armer nella direzione X.



Med = (3020+2x2558+963)/4 = 2274.8 kNm

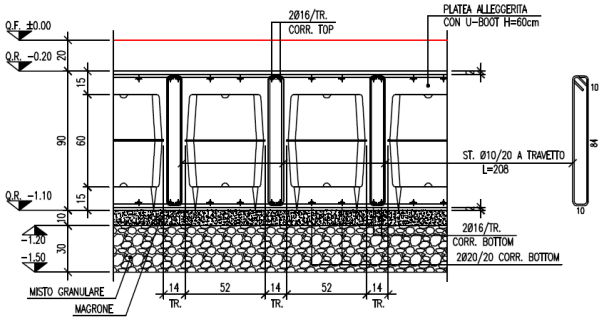
Le armature aggiuntive per tale zona sono costituite da Ø20/20+Ø32/20 sullo stesso piano del primo livello dell'armatura di base + Ø32/20 in un secondo strato, con un momento flettente di resistenza pari a 2523 kNm



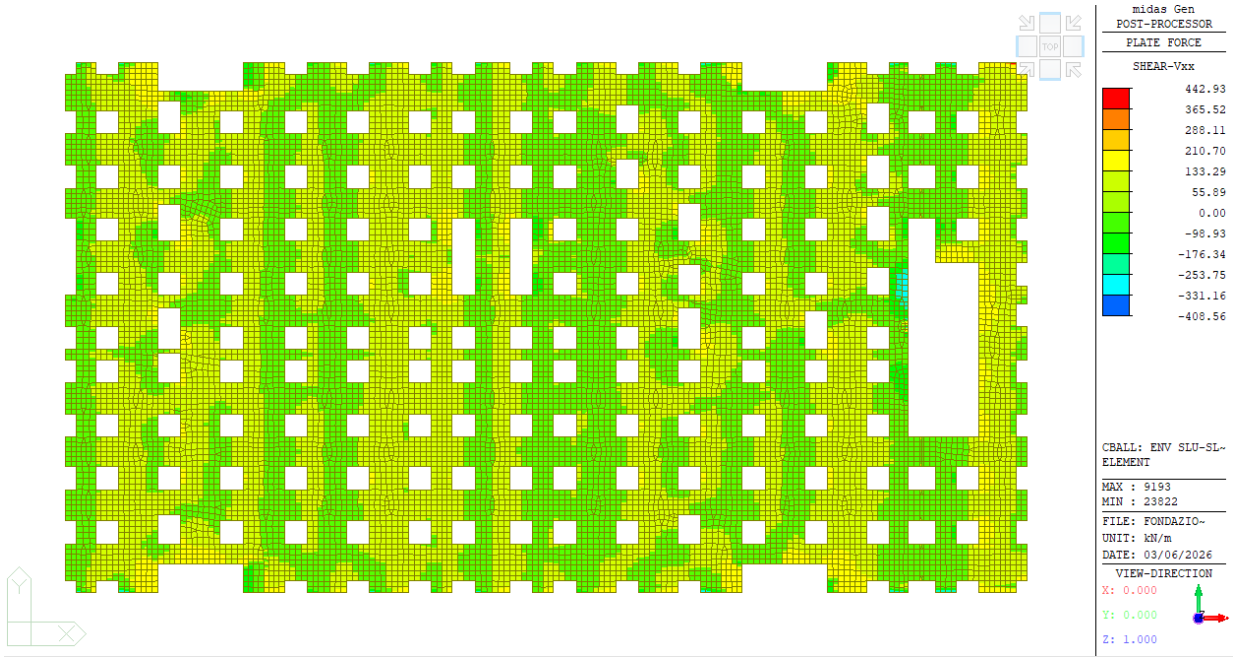
Mrd (Ø20/20+Ø32/20) primo livello + Ø32/20 (secondo livello)

Verifica a taglio

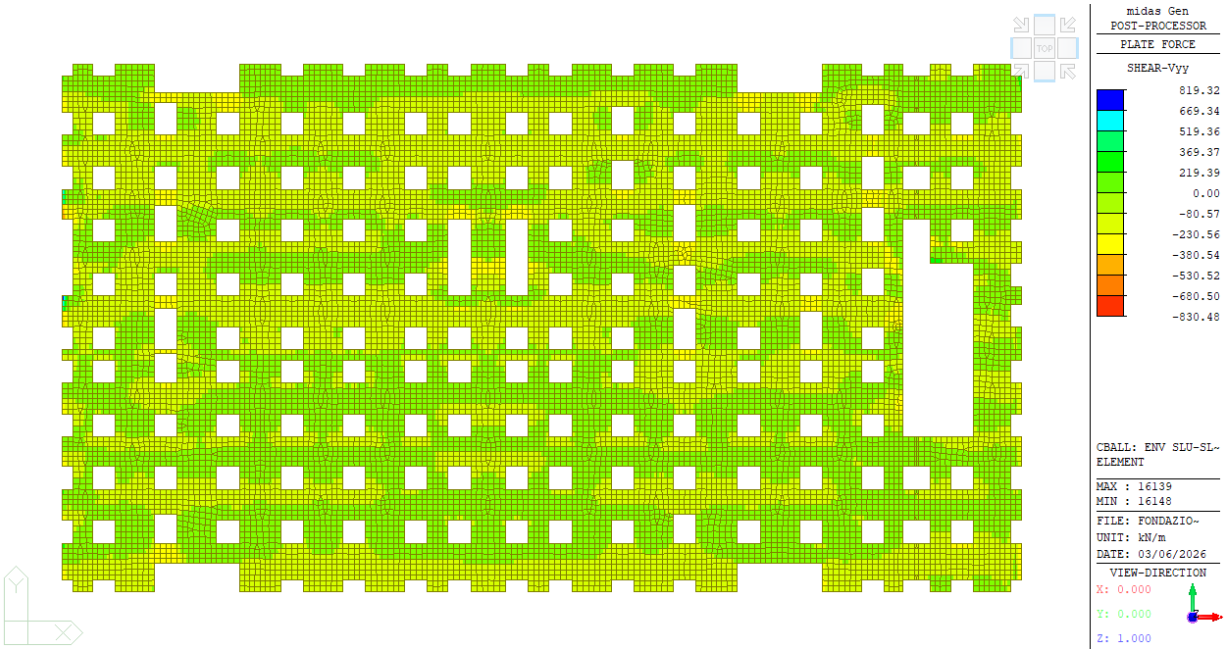
Nelle zone della fondazione in cui è presente una soletta alleggerita, è necessario prevedere un'adeguata armatura di taglio ovunque la forza di taglio di progetto superi la resistenza al taglio del calcestruzzo non armato.



Sezione tipologica della fondazione alleggerita



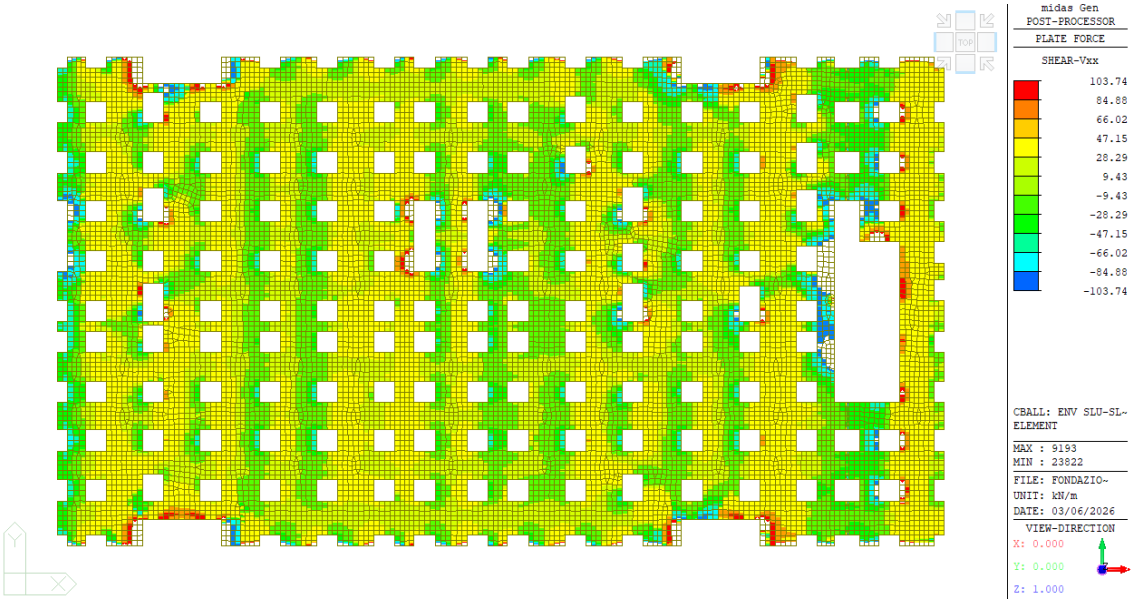
Inviluppo azioni di taglio SLU-SLV nella direzione x



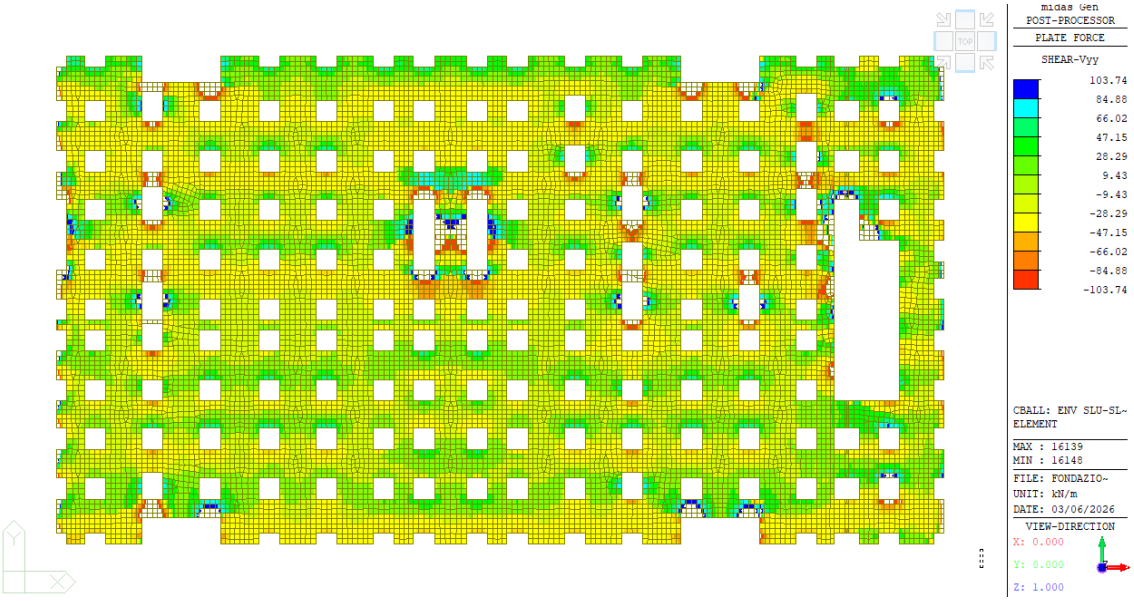
Inviluppo azioni di taglio SLU-SLV nella direzione y

C35/45				
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	k
212	900	30	870	1.479
ϕ_l	n°	A_l [mm^2]	ρ_l	ν_{min}
20	5	1570.80	0.0085	0.385
0	0			
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
212	0.50	0	0.00	1.00
V_{ed} [kN]		V_{Rd} [kN]		
0		103.75		
VERIFICATO				

Reistenza a taglio del calcestruzzo non armato



Inviluppo azioni di taglio SLU-SLV nella direzione x - Filtro di resistenza a taglio del cls non armato



Inviluppo azioni di taglio SLU-SLV nella direzione y - Filtro di resistenza a taglio del cls non armato

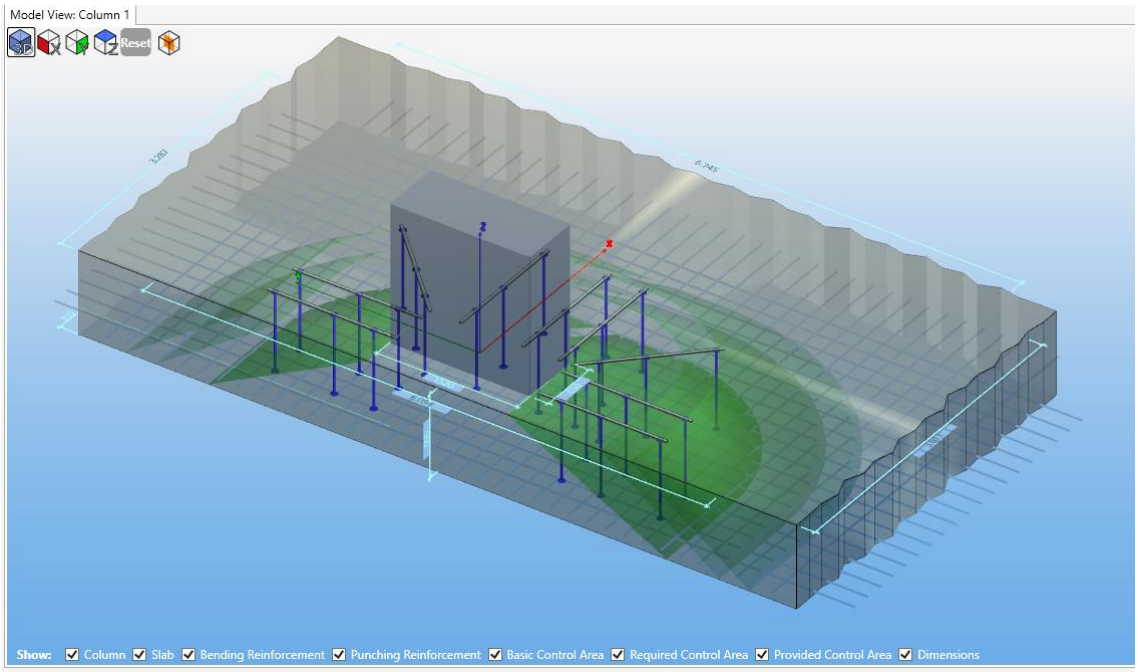
Sono forniti 2 staffe Ø10/20 per tutte queste zone.

C35/45				
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
210	900	30	870	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	10	3
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
235.62	0.00		1.95	1.95
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
210	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
0	705.55		705.55	
VERIFICATO				

Verifica a punzonamento:

La verifica a punzonamento è riportata per le due configurazioni più critiche: quella nei pressi della piastra di controvento nell'area ovest del Data Hall (allineamento A8-A9), che richiede armatura per punzonamento, e la verifica di una delle connessioni nell'area centrale, che non richiede armatura per punzonamento.

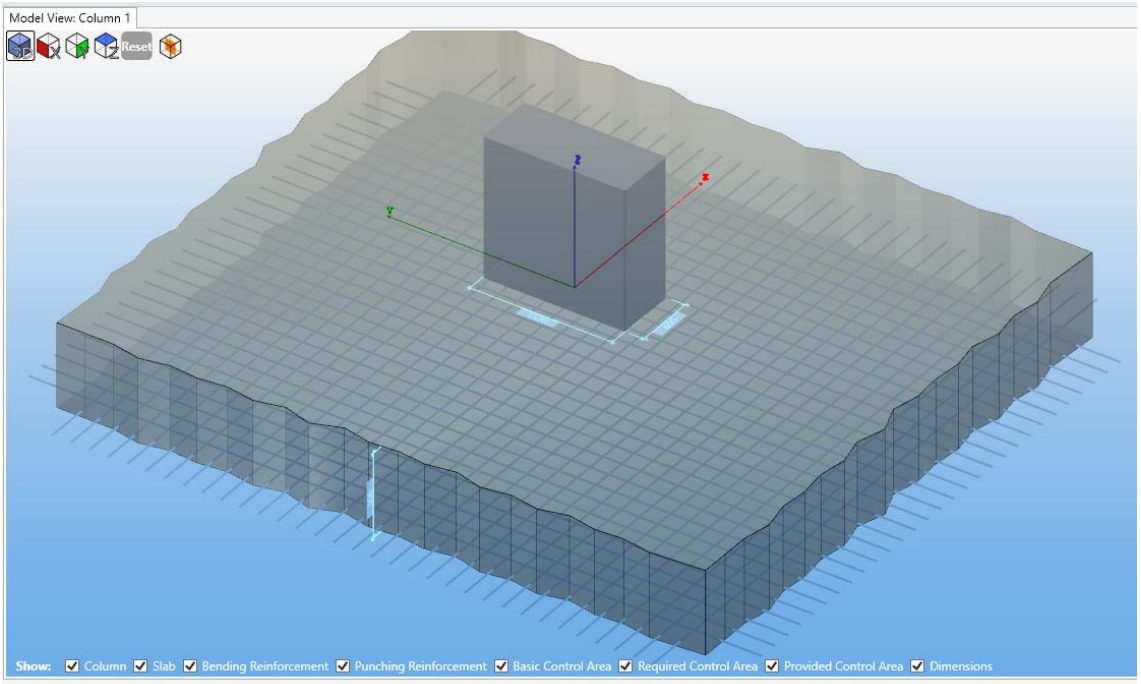
Per quanto riguarda la verifica a punzonamento (paragrafo 6.4, EC2), i risultati sono i seguenti:



Results: Column 1 Peikko Products: 9xPSB-25/855-3/1399(256/427/641/75)

Basic Control Area			Reinforcement Ratios %			Outer Control Area				
u_1	=	8.672 mm	ρ_{min}	=	0,18	$l_{s,req}$	= 999 mm <	$l_{s,prov}$	=	1.324 mm
$(V_{Ed} - 2\Delta V) * \beta$	=	3.606,4 kN	ρ_{req}	=	0,14	$u_{out,req}$	= 10.466 mm <	$u_{out,prov}$	=	11.489 mm
$V_{Rd,c}$	=	2.454,8 kN	ρ	=	0,18	$V_{Rd,cout}$	= 3.252,1 kN >	$(V_{Ed} - 2\Delta V) * \beta_{red}$	=	2.962,4 kN
$V_{Rd,max}$	=	3.976,8 kN	ρ_{max}	=	2,00	$V_{Rd,sy}$	= 3.841,6 kN			

Armatura a punzonamento per il controvento sul lato ovest della data hall (allineamento A8-A9)



Results: Column 1

No punching reinforcement needed

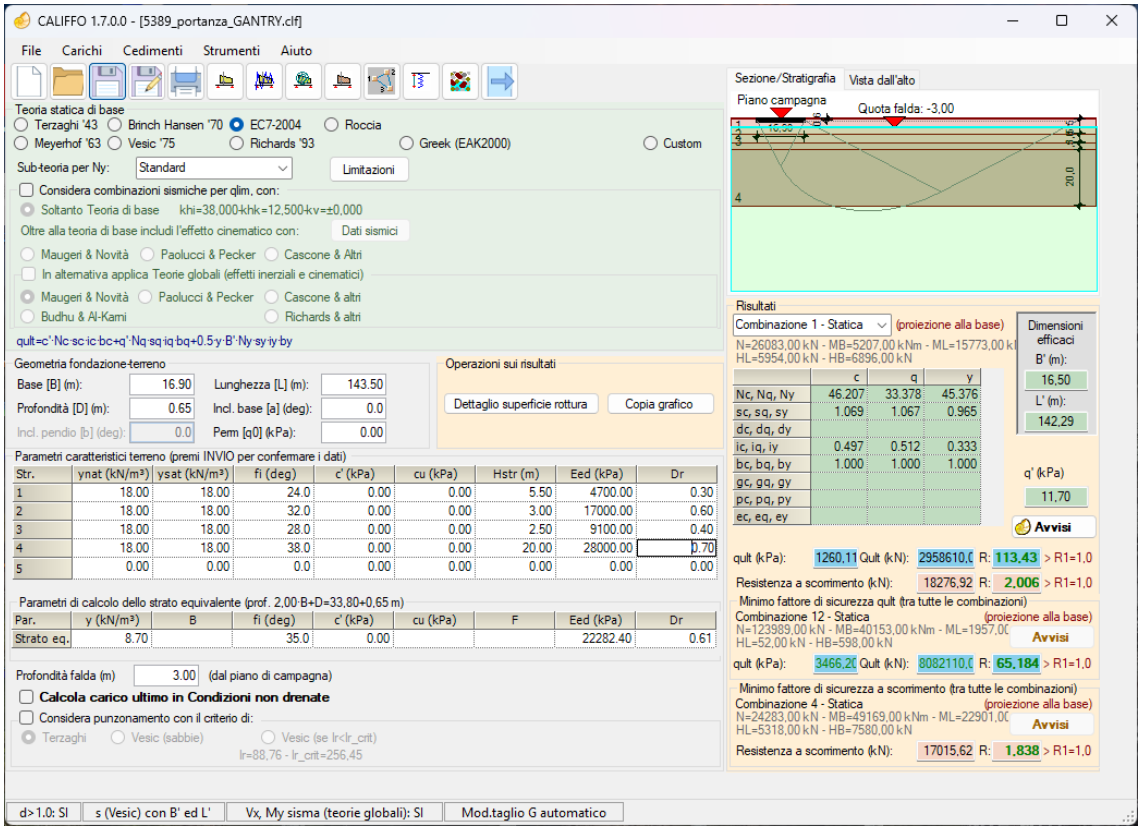
Basic Control Area			Reinforcement Ratios %			Outer Control Area
u_1	= 14.644	mm	ρ_{min}	= 0,13		
$(V_{Ed} - 2\Delta V) * \beta$	= 2.962,4	kN	ρ_{req}	= 0,02		
$V_{Rd,c}$	= 4.145,4	kN	ρ	= 0,18		
$V_{Rd,max}$	= 6.715,5	kN	ρ_{max}	= 2,00		

Non è richiesta armatura a punzonamento per gli altri controventi colonna-piastra (allineamenti H8-H9, I8-I9 e O8-O9)

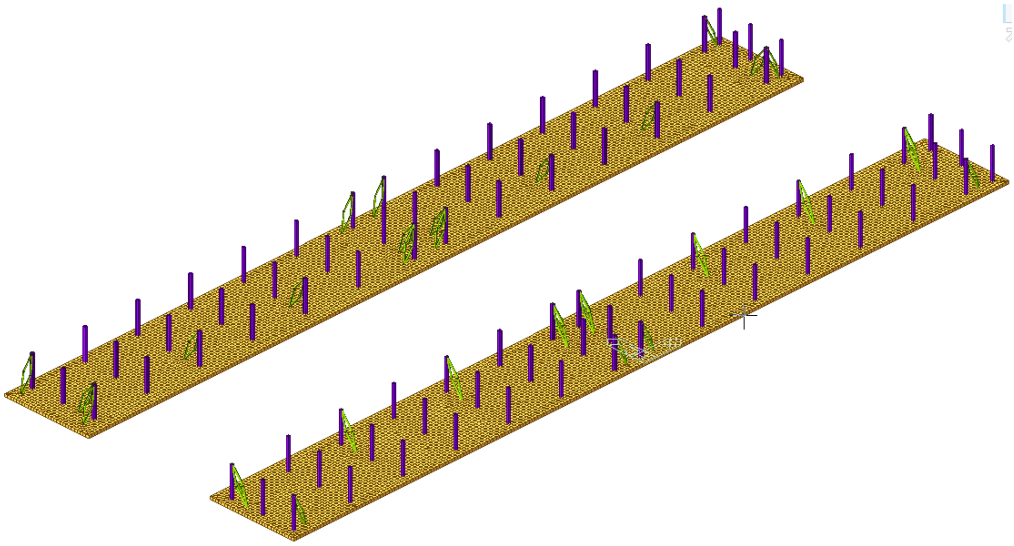
GANTRY ESTERNO

Verifiche GEO

Di seguito viene presentata una verifica della capacità portante delle fondazioni in conformità alla normativa NTC18 §6.4.3.3.

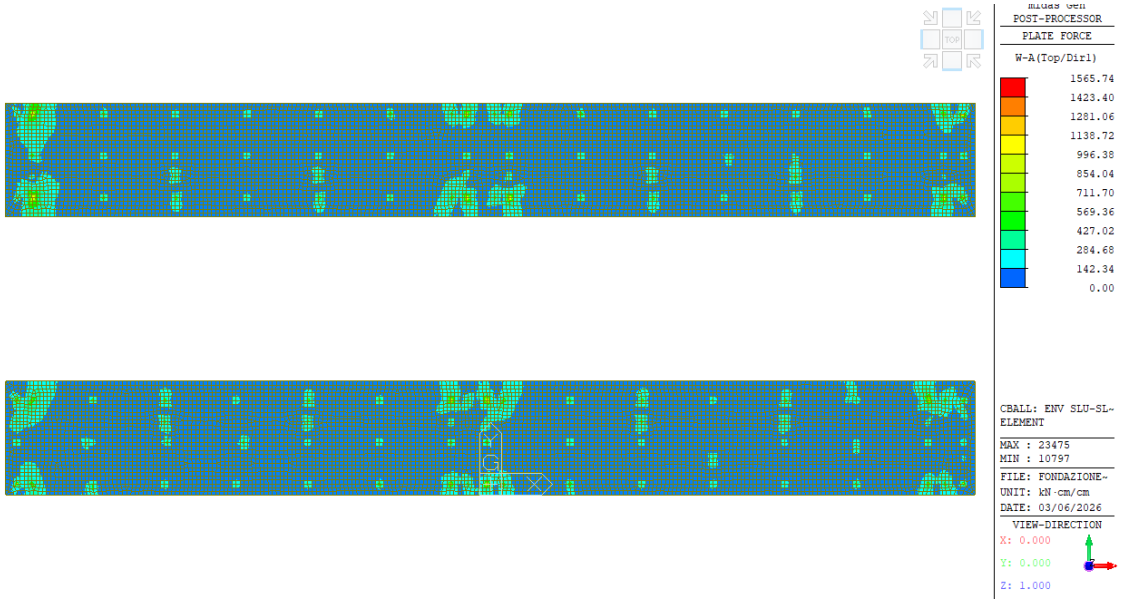


Verifhce STR

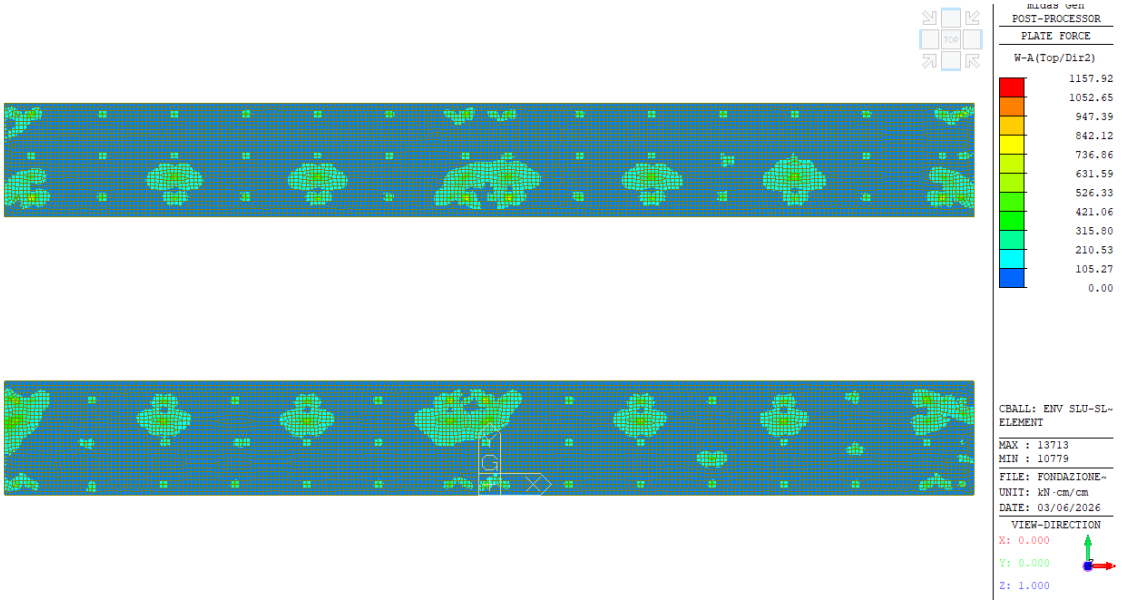


Modello 3D FEM

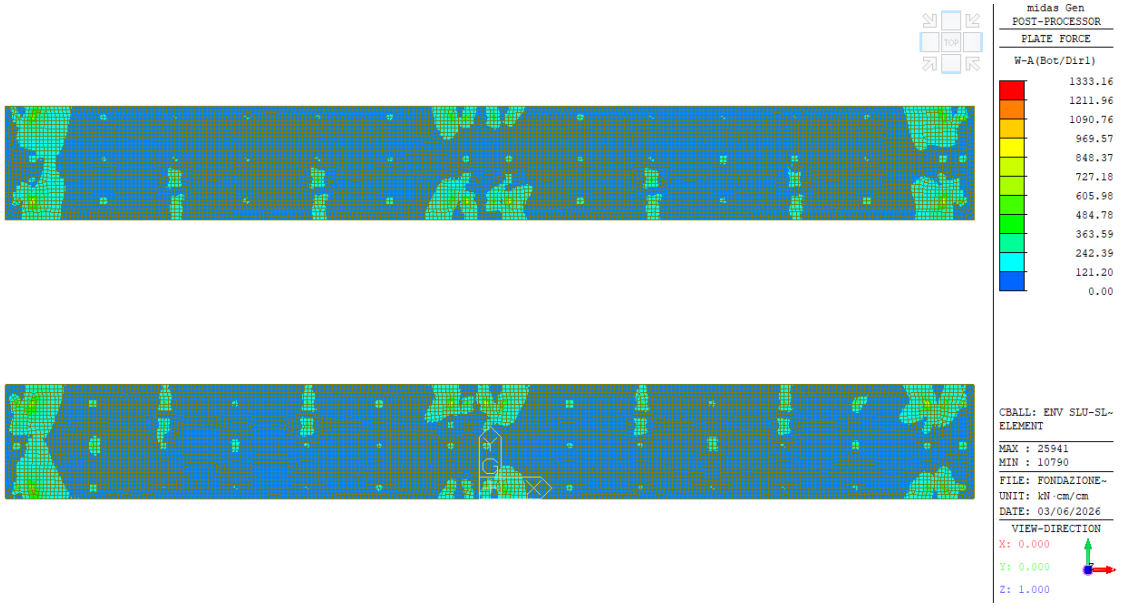
Di seguito sono riportati i momenti Wood-Armer.



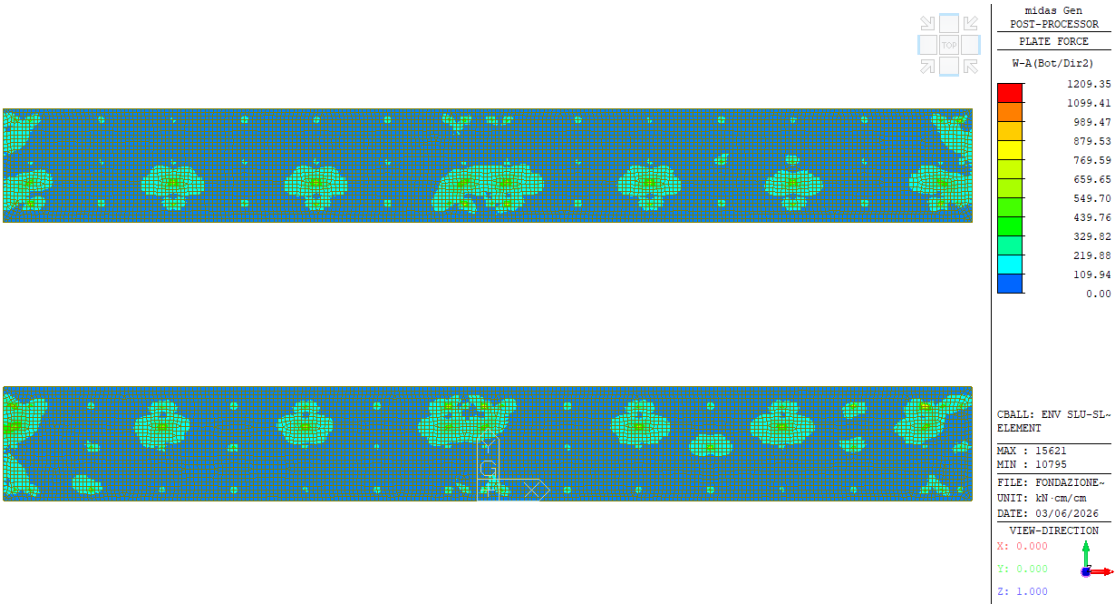
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - sup

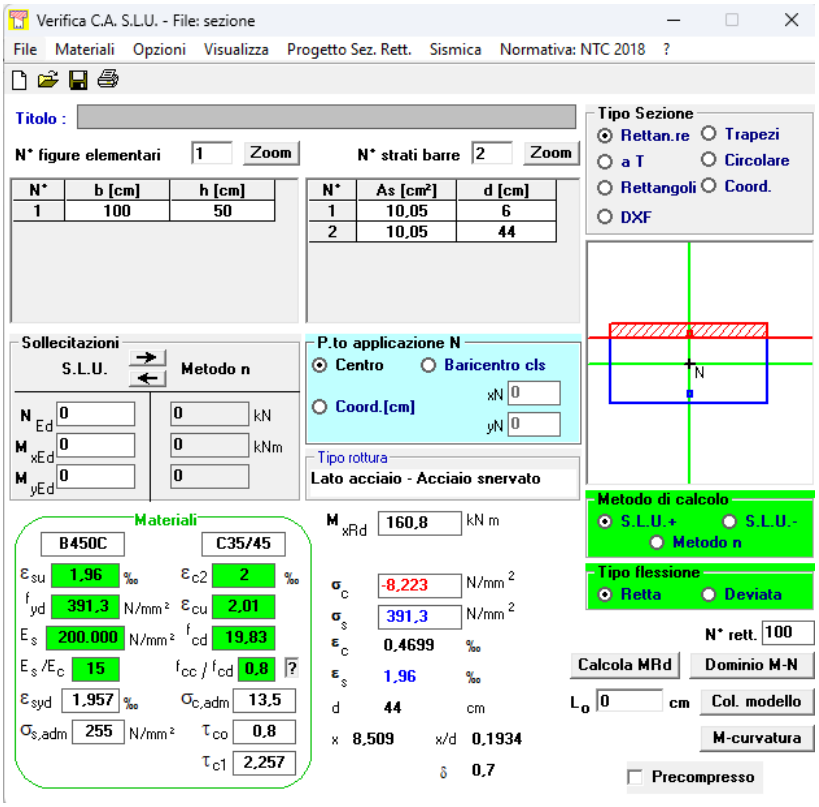


Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - inf

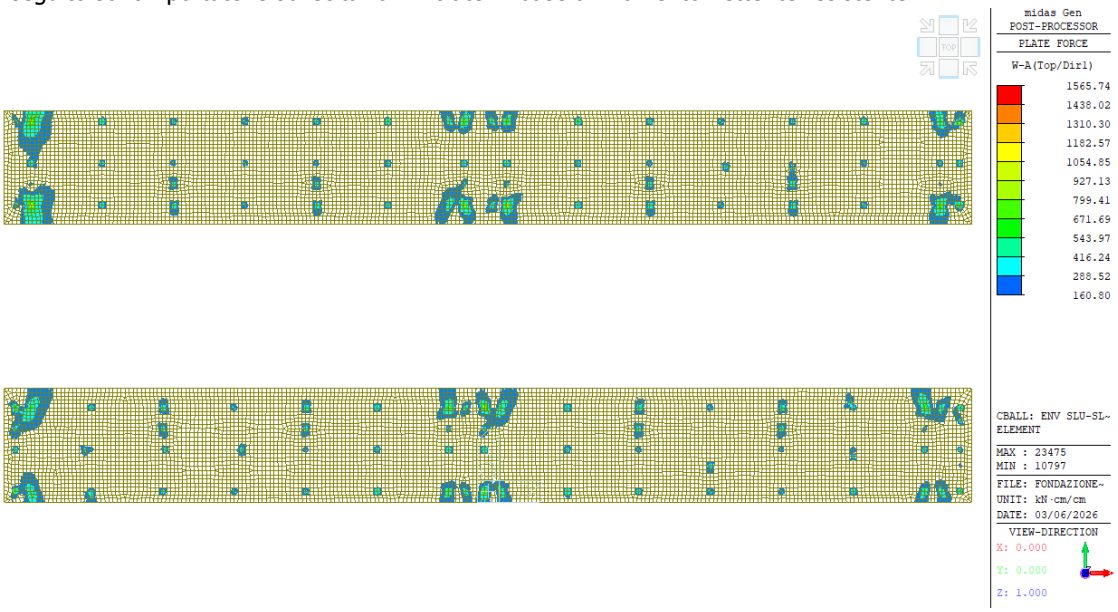


Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - inf

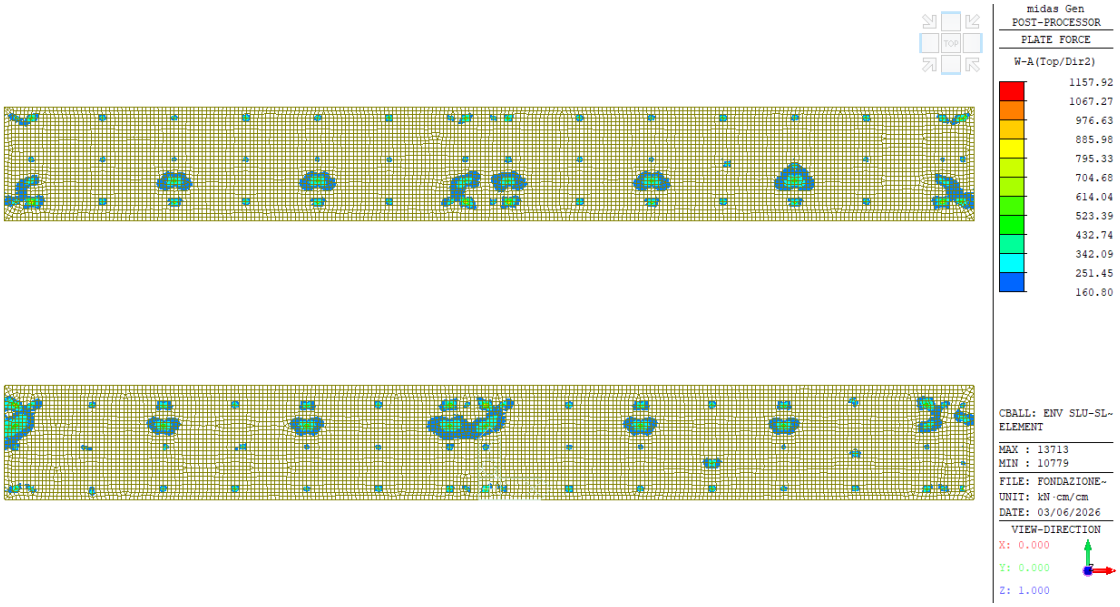
Sono previsti i seguenti armature di base: Ø16/20 cm x 20 cm in sup. e Ø16/20 cm x 20 cm in inf.
Nella figura seguente è riportato la verifica di flessione negativa e positiva.



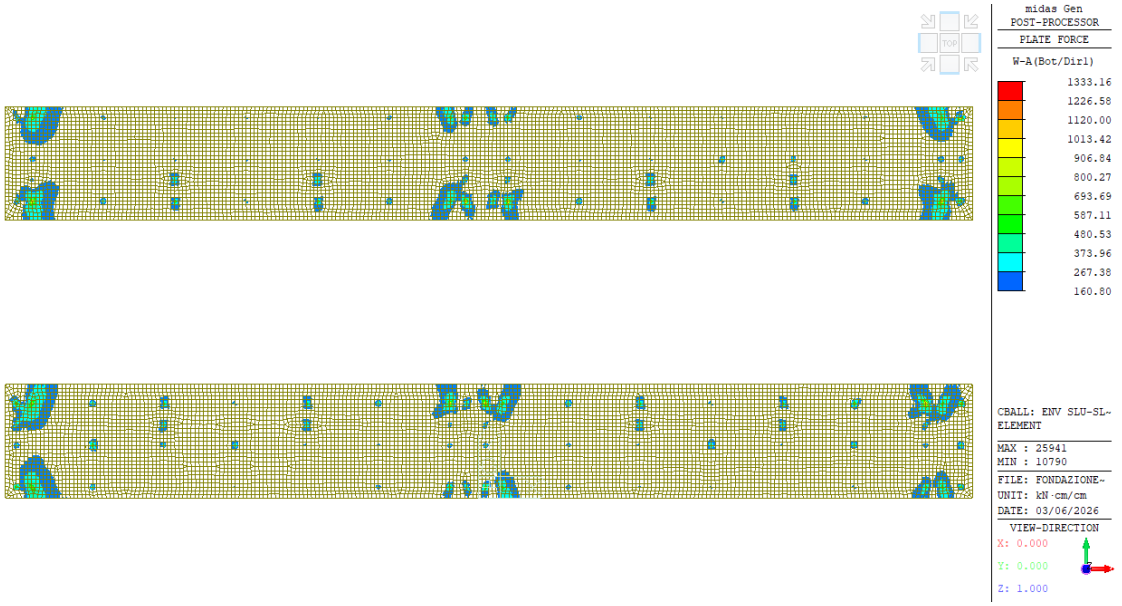
Di seguito sono riportate le sollecitazioni filtrate in base al momento flettente resistente



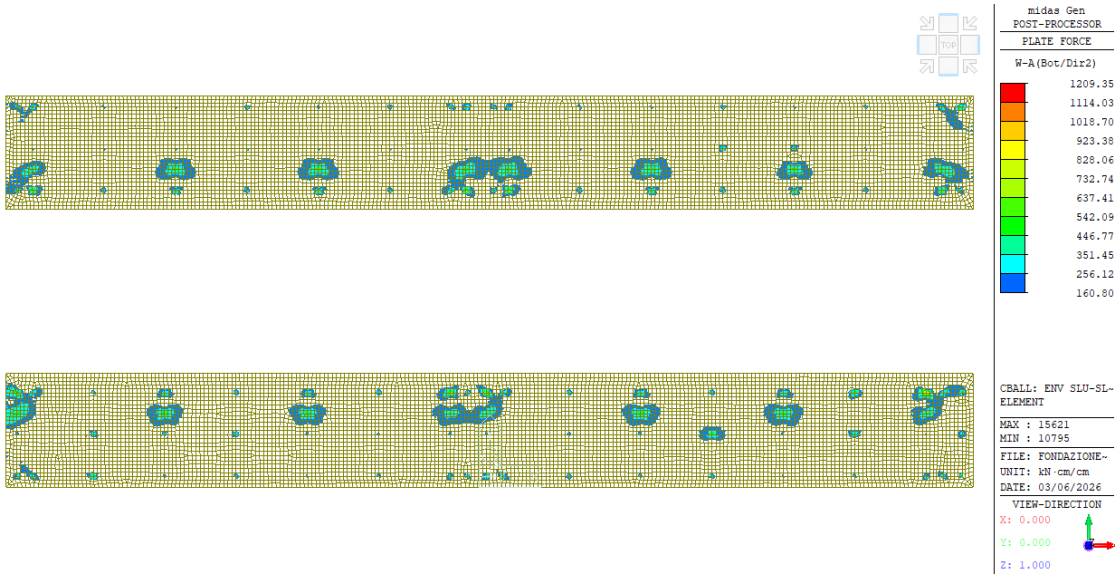
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - sup



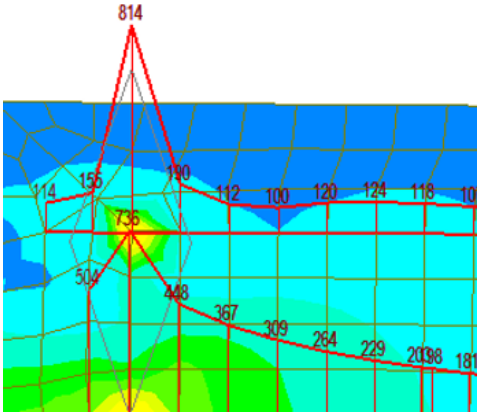
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - inf



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - inf

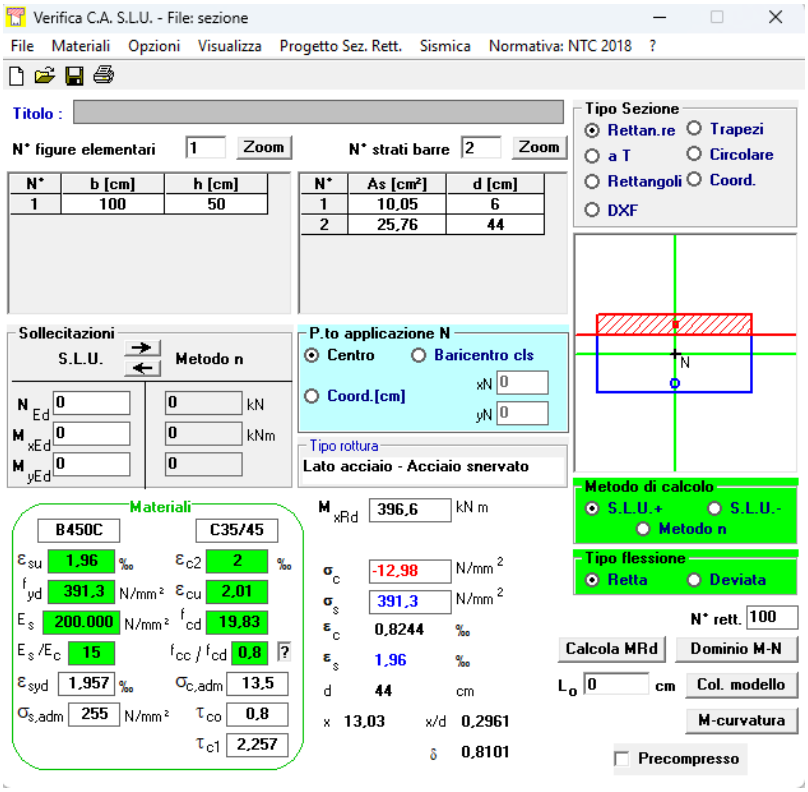
Esempio di analisi di picco:

Nelle aree di picco indicate in bianco nelle figure precedenti, è stata eseguita un'integrazione lineare per ottenere il valore medio del momento flettente.



Med = (112+190*2+814)/4=326kNm

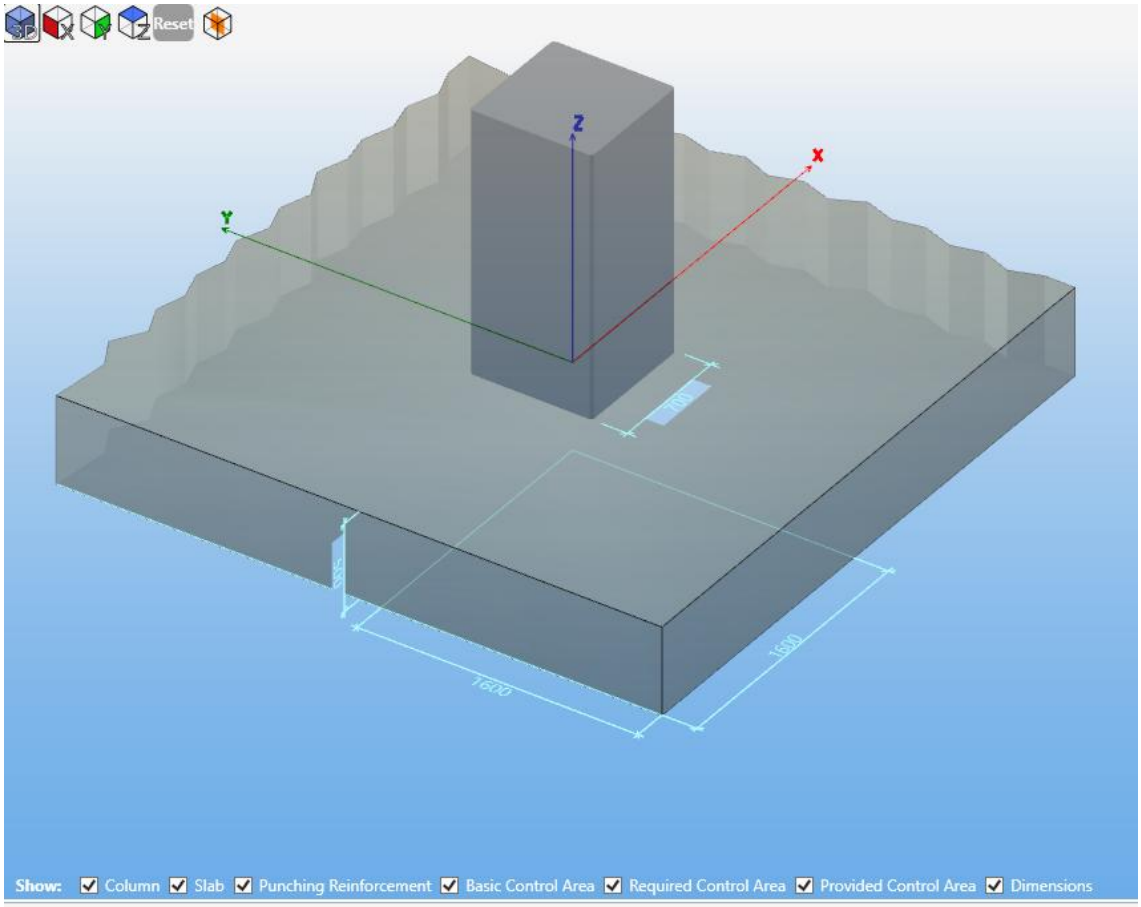
L'armatura scelta per tale zona è di Ø16/20+Ø20/20, disposta allo stesso livello dell'armatura di base, con un momento di resistenza pari a 396,6 kNm



Verifica a punzonamento:

La verifica a punzonamento della colonna più critica è riportata di seguito; questa colonna non richiede armatura a punzonamento.

Con riferimento ai risultati della verifica a punzonamento (paragrafo 6.4 EC2):



Results: Column 1

No punching reinforcement needed

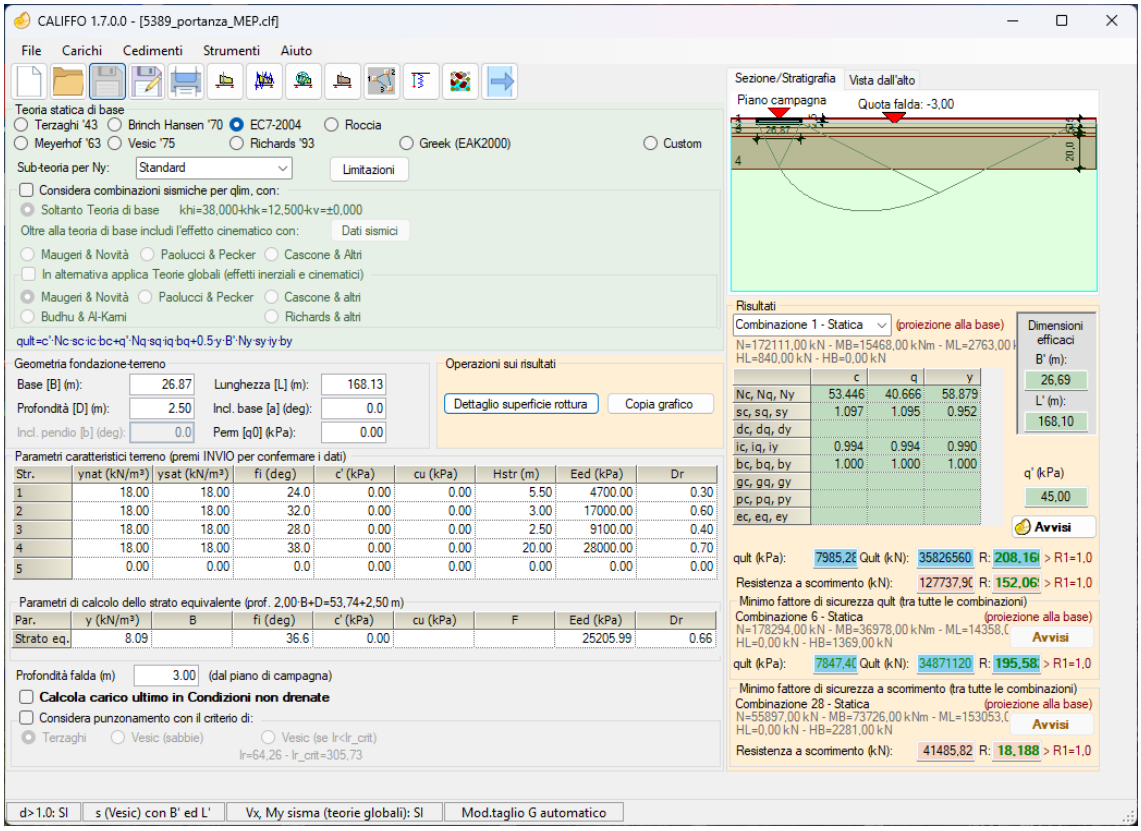
Basic Control Area			Reinforcement Ratios %			Outer Control Area
u_1	=	5.342 mm	ρ_{min}	=	0,64	
$(V_{Ed} - 2\Delta V) * \beta$	=	1.414,4 kN	ρ_{req}	=	0,16	
$V_{Rd,c}$	=	1.481,7 kN	ρ	=	0,80	
$V_{Rd,max}$	=	2.400,4 kN	ρ_{max}	=	2,00	

Non è richiesta armatura a punzonamento per le colonne sia della data hall che per gli uffici.

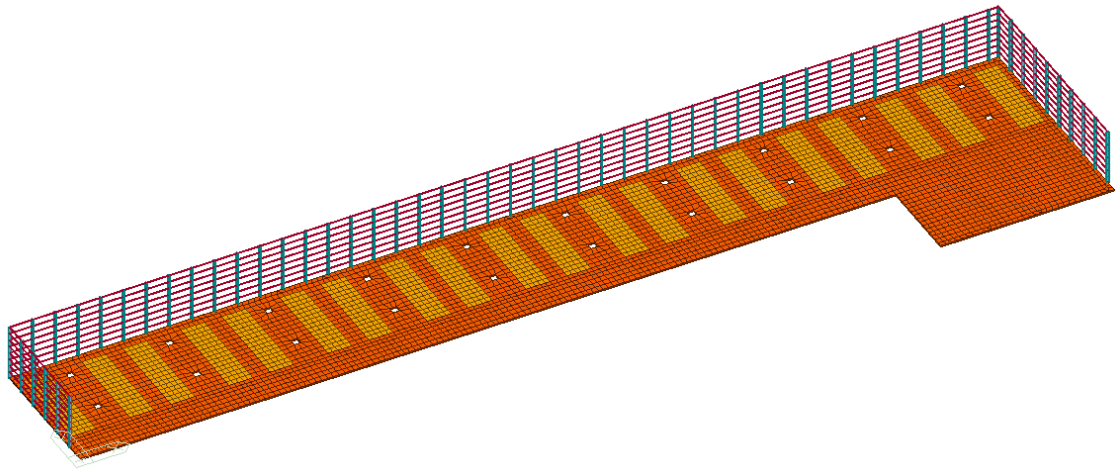
AREA IMPIANTI MEP

Verifiche GEO

Di seguito viene presentata una verifica della capacità portante delle fondazioni in conformità alla normativa NTC18 §6.4.3.3.

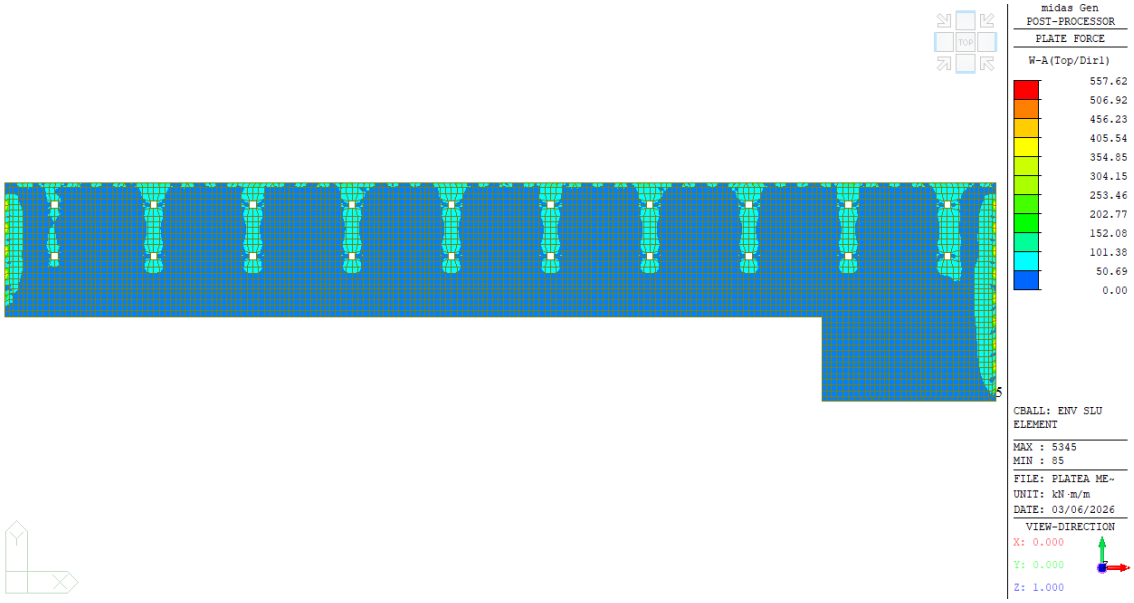


Veriche STR

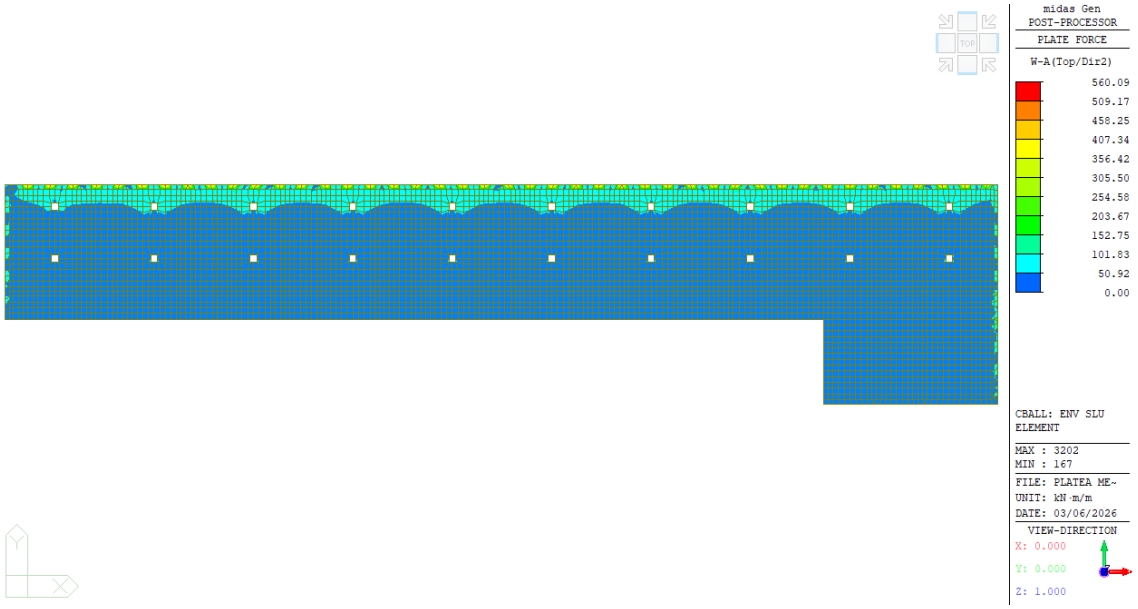


Modello 3D FEM

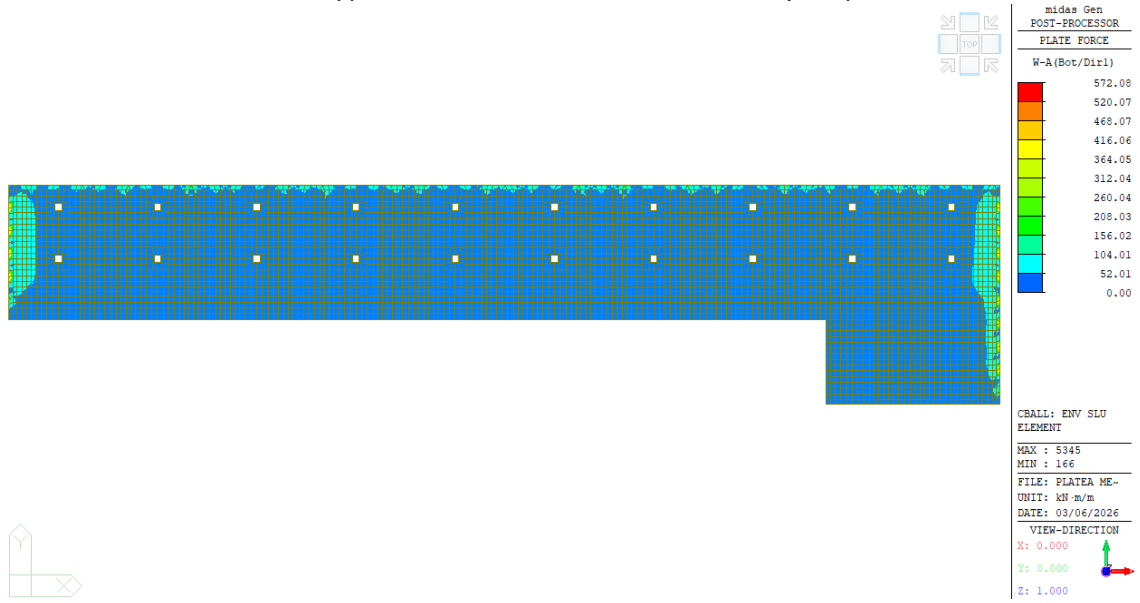
Di seguito sono riportate gli inviluppi momenti Wood-Armer.



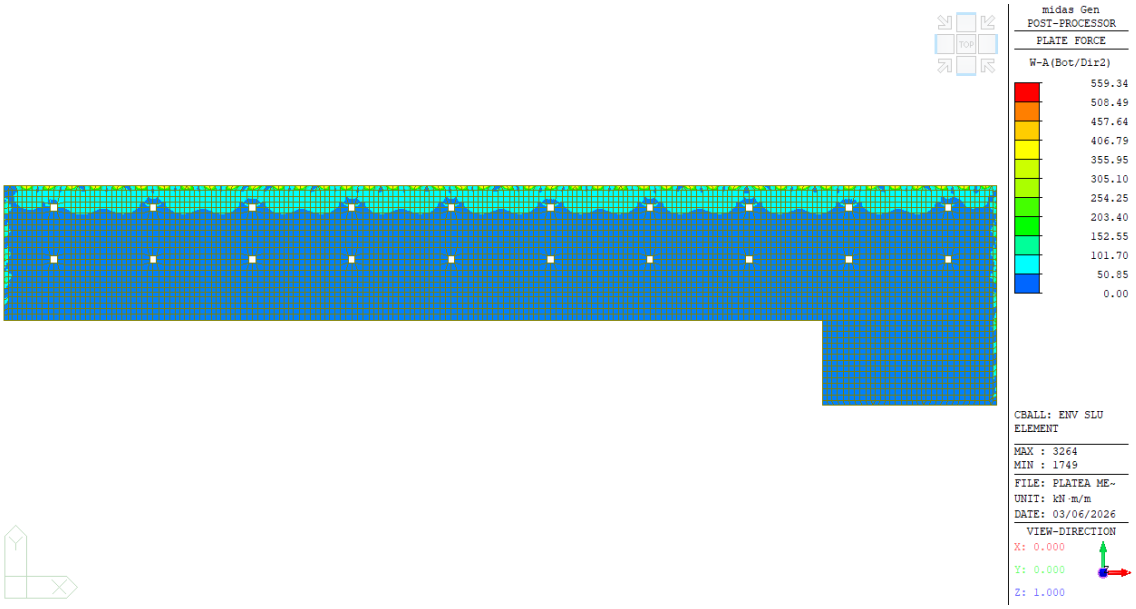
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - sup

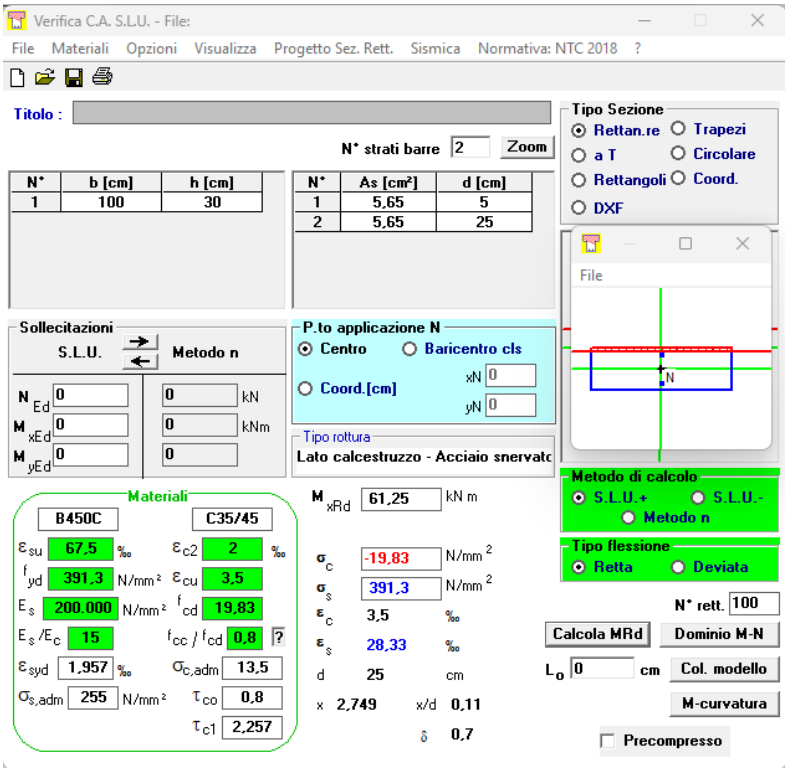


Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - inf



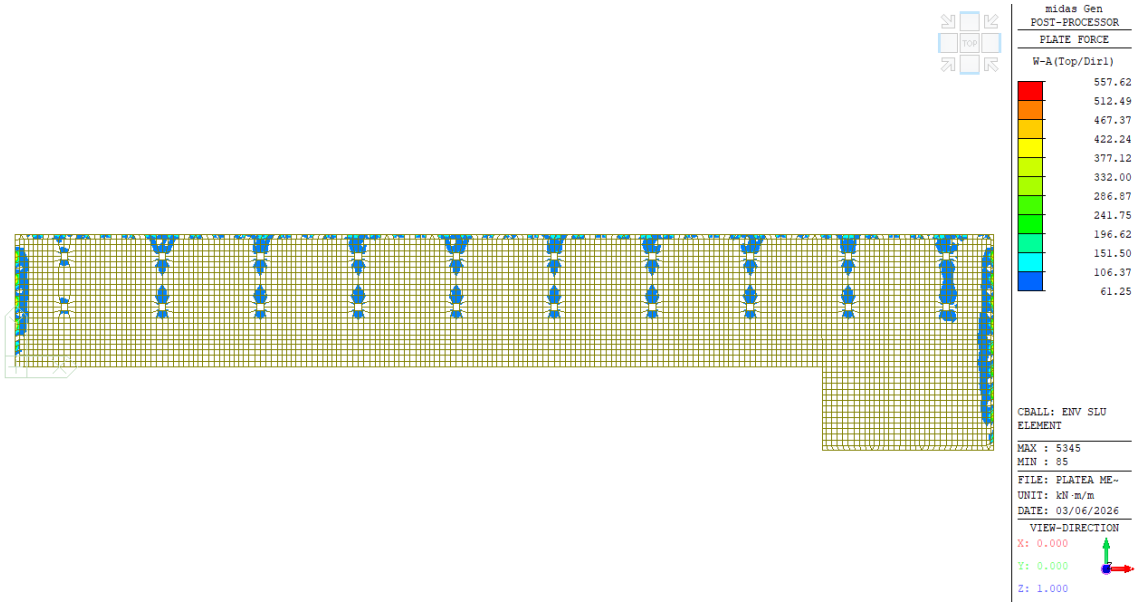
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - inf

Sono previste le seguenti armature di base: ø12/20 cm x 20 cm sup. e ø12/20 cm x 20 cm inf.
Nella figura seguente è riportata la verifica flessione negativa e positiva.

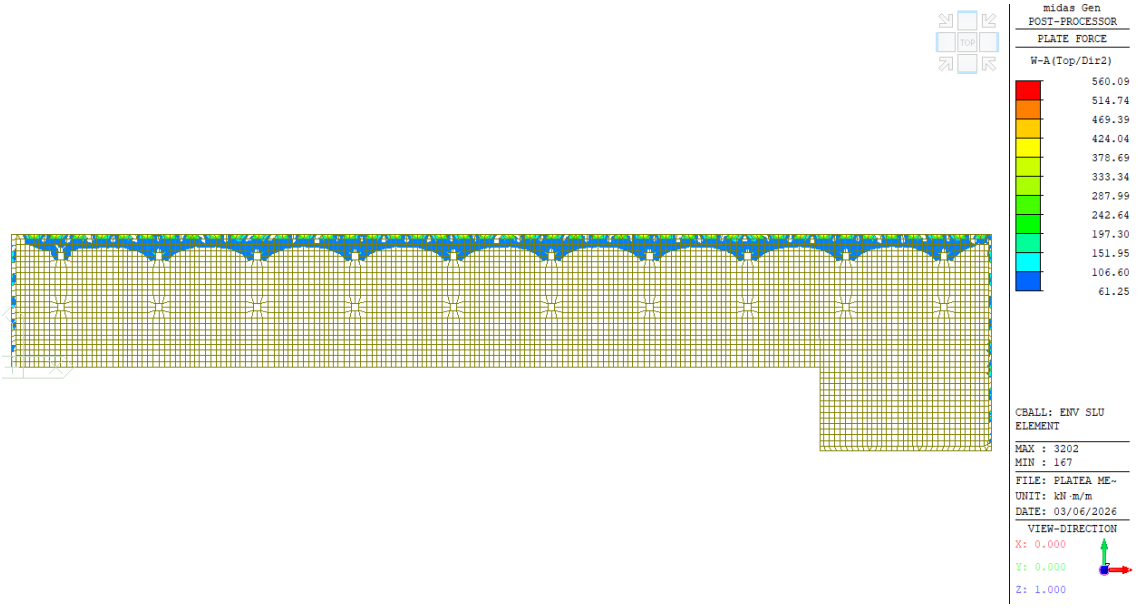


Mrd (Ø12/20)

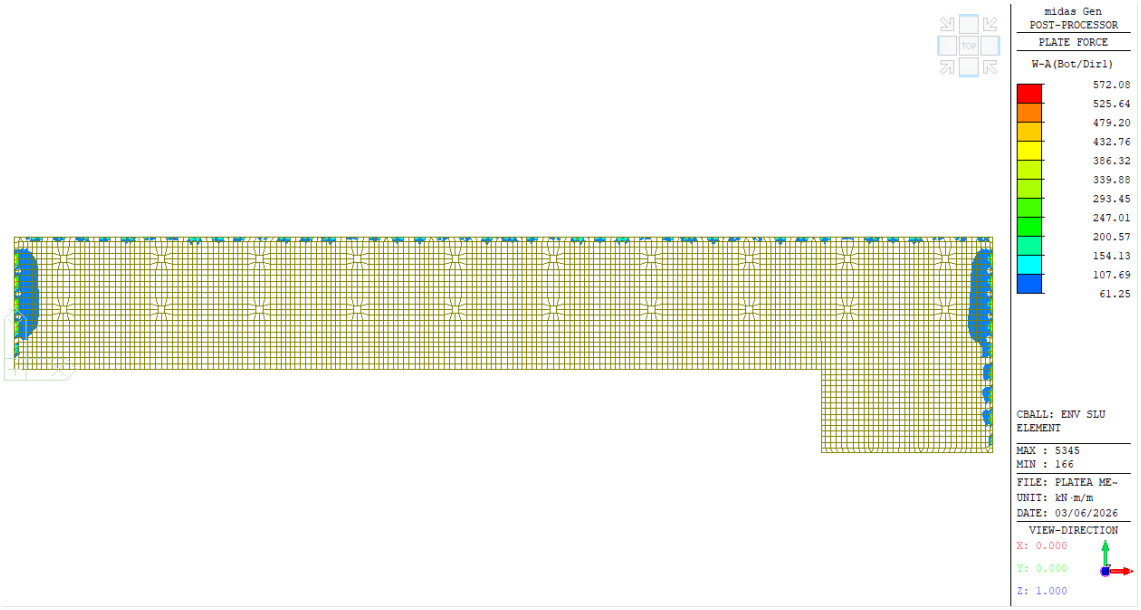
Di seguito sono riportate le sollecitazioni filtrate in base al momento flettente resistente



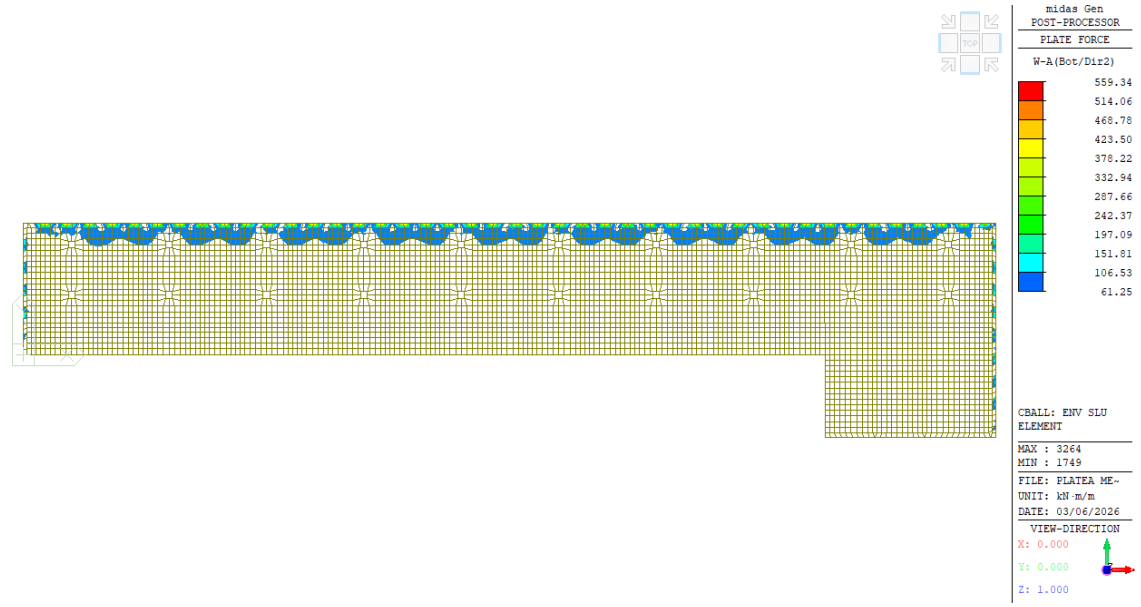
Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - sup



Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione x - inf

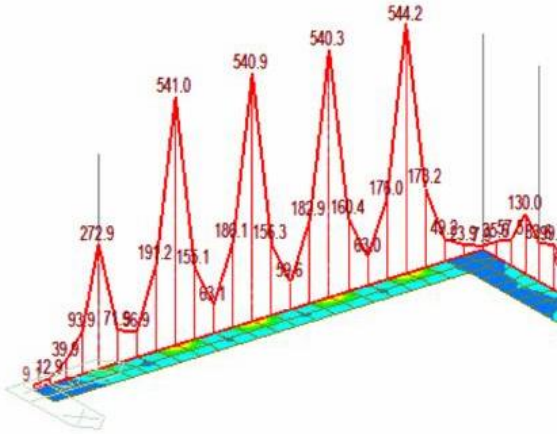


Inviluppo momenti Wood-Armer nella direzione y - inf

Ove i valori delle forze sono superiori al momento resistente, vengono previste armature aggiuntive.

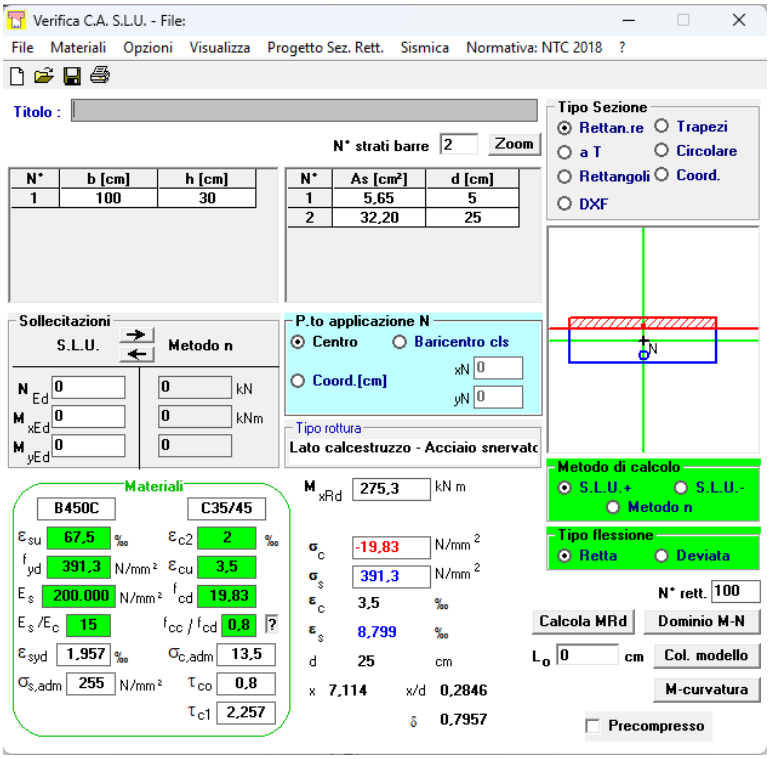
Esempio di analisi di picco:

Nelle aree di picco indicate in bianco nelle figure precedenti, è stata eseguita un'integrazione lineare per ottenere il valore medio del momento flettente.



Med= (64+541+2*182)/4 =242kN

L'armatura scelta per tale zona è di Ø12/20+Ø26/20, disposta allo stesso livello dell'armatura di base, con un momento flettente di resistenza pari a 275,3 kNm

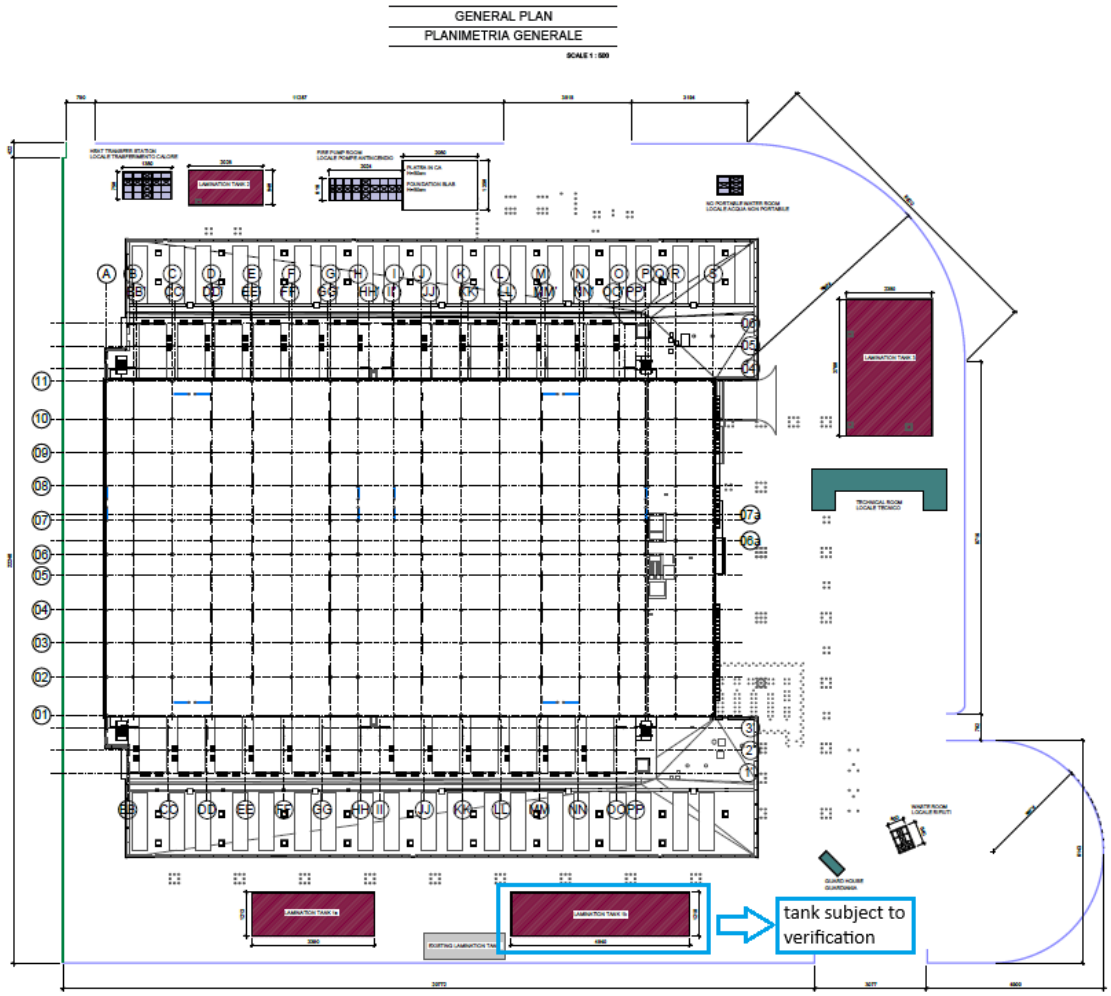


Mrd (Ø12/20+Ø26/20)

17. VASCHE DI LAMINAZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di n. 4 vasche di laminazione interrate.
Considerando il livello di falda (-3,0 m) dal piano campagna e i volumi di scavo necessari per la realizzazione delle vasche di laminazione interrate, sono previste le seguenti fasi di costruzione:

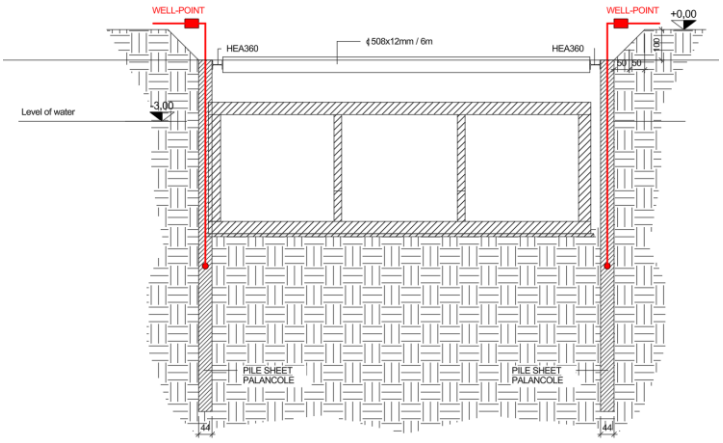
- scavo preliminare di 100 cm e infissione delle palancole;
- scavo fino a -2,5 m e installazione della struttura di puntellamento in acciaio;
- installazione del sistema well-point;
- completamento dello scavo;
- realizzazione della struttura in c.a.;
- rimozione della struttura di contrasto dopo la maturazione del calcestruzzo;
- completamento del rinterro con adeguata compattazione;
- rimozione del sistema well-point.



Planimetria generale

17.1. Strutture provvisorie (pali-paratie, travi e tiranti)

Nella figura seguente è riportata una sezione tipica durante l'esecuzione.



Sezione Tipologica

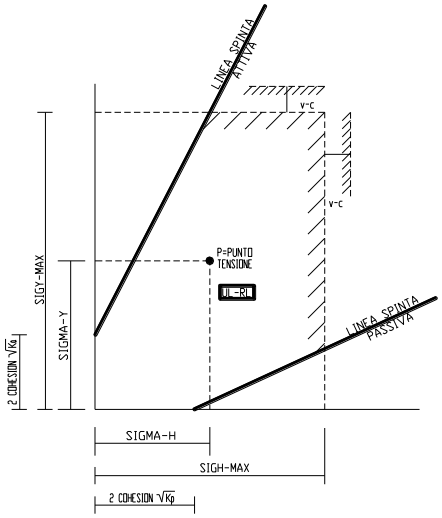
Si ipotizza un carico variabile uniforme pari a 20 kN/m².

Poiché si tratta di strutture provvisorie con una durata prevista inferiore a due anni, non è richiesta alcuna verifica sismica, che viene quindi omessa.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche della palancola GU18N.

GU18N (S355)	A (cm^2/m)	I (cm^4/m)	W_e (cm^3/m)	W_{pl} (cm^3/m)	β_D	β_B
	163.0	38650	1800	2134	0.45	0.65

I calcoli della sezione tipologica sono eseguiti mediante il codice agli elementi finiti "Paratie Plus 2025". Il processo è analizzato con un modello agli elementi finiti che segue tutte le fasi della costruzione: viene pertanto effettuata un'analisi statica incrementale.
Ogni fase dell'analisi corrisponde a una configurazione precisa, caratterizzata da una determinata altezza di scavo e da una disposizione dei carichi e degli eventuali elementi di contrasto o tiranti, nonché dai parametri geotecnici del terreno.
Gli elementi finiti del terreno sono modellati come molle caratterizzate da una legge costitutiva di tipo elasto-plastico incrudente, che consente di considerare gli aspetti più significativi del comportamento dei terreni osservati sperimentalmente.
Ne consegue che ogni configurazione dipende generalmente dalle configurazioni precedenti: lo sviluppo di deformazioni plastiche nel terreno a un determinato passo di carico influenza la risposta della struttura nelle fasi successive.
L'analisi statica risulta quindi non lineare.
Sulla base delle due componenti di tensione efficace, viene definita una funzione di plasticità che individua uno specifico stato in cui si trova l'elemento finito di terreno e quindi le diverse caratteristiche di rigidezza secondo cui esso reagisce.
In questo modo si stabilisce una relazione tra lo stato tensionale e lo stato deformativo (vedasi figura).



Sono possibili tre situazioni (stati):

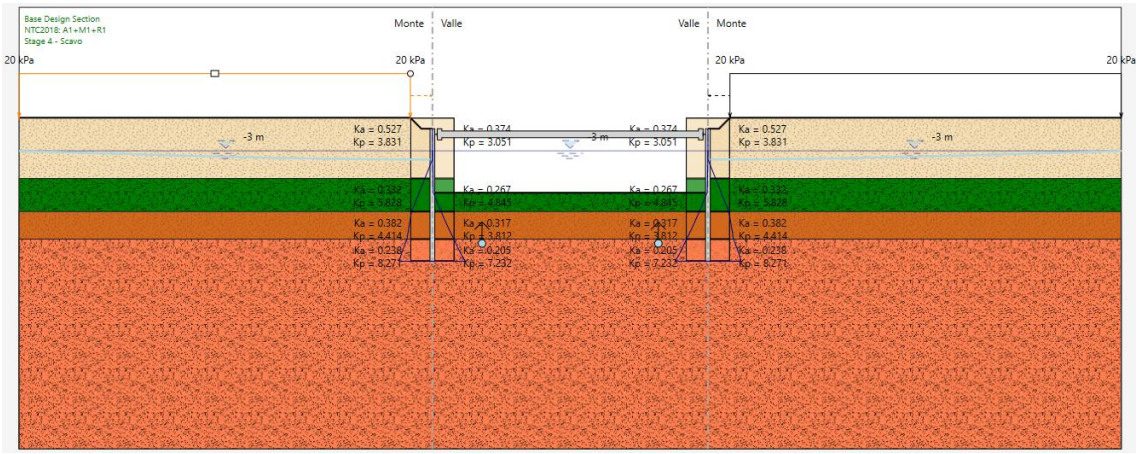
- Fase elastica: l'elemento si comporta in modo elastico; questa fase corrisponde a una porzione di terreno che si trova nella fase di scarico-carico, sottoposta a tensioni inferiori ai livelli massimi precedentemente raggiunti (comportamento del terreno sovraconsolidato). Questa fase è identificata con l'acronimo UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase di indurimento: l'elemento è sottoposto a livelli di tensione mai sperimentati prima. È il caso, ad esempio, dei terreni durante la fase di deposito del banco di materiale a cui appartengono. Dal punto di vista fisico questo comportamento può essere considerato come un comportamento "cruele". La rigidità con cui il terreno reagisce è inferiore a quella relativa alla fase precedente, ma non è pari a zero. Inoltre, se il processo di carico tendesse a invertirsi, il terreno entrerebbe nella fase di scarico-ricarico. La fase di indurimento è identificata dall'acronimo V-C (Virgin Compression).
- Collasso: Il terreno è sottoposto a uno stato di tensione che non è più compatibile con la resistenza del materiale. Il criterio di rottura è definito attraverso l'angolo di attrito e la coesione. Questa fase corrisponde a quelle che vengono solitamente chiamate condizioni attive o passive. Il collasso è identificato dalla parola ATTIVO o PASSIVO.

La rigidità del terreno (espressa tramite il modulo elastico) viene definita in relazione allo stato V-C e tramite un fattore di amplificazione per ottenere il valore della rigidità propriamente elastica nella fase UL-RL. La resistenza del terreno viene quindi definita esclusivamente tramite i coefficienti di spinta attivi e passivi. Questi coefficienti possono essere ricavati dall'angolo di attrito del materiale (tramite le ben note formule).
Infine, per caratterizzare lo stato di tensione iniziale, viene definito il coefficiente di spinta a riposo Ko.

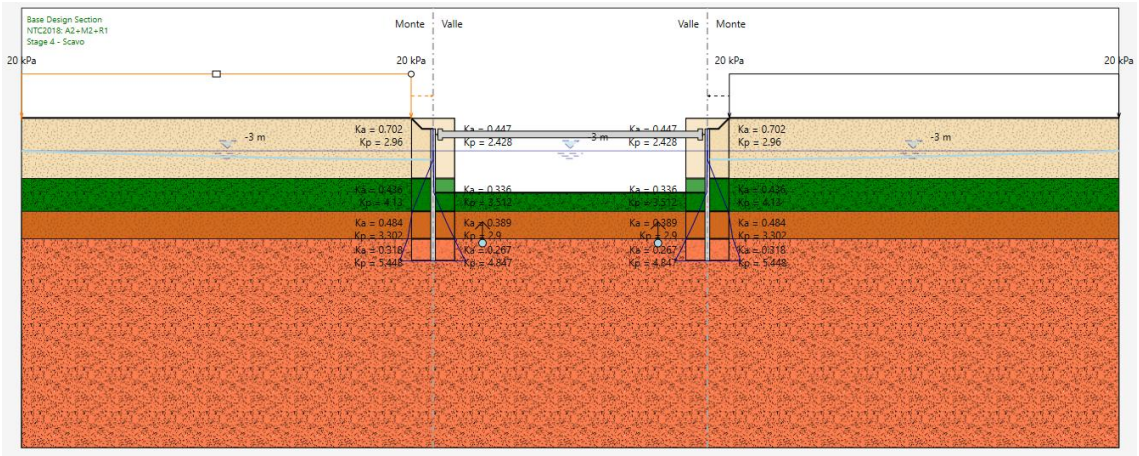
Si considera che il modulo elastico del terreno sia:
Evc = 3 x Rvc

Il livello della falda acquifera di progetto è situato a -3,0 m. È previsto un sistema well-point. Viene eseguita un'analisi delle infiltrazioni in condizioni stazionarie.

Nelle figure seguenti vengono definiti i coefficienti di spinta attivi e passivi per due combinazioni: A1+M1+R1 e A2+M2+R2.



A1+M1+R1



A2+M2+R1

Nel modello FEM sono state prese in considerazione le seguenti fasi:

- - Fase 1 – Inizializzazione;
- - Fase 2 – pre-scavo e posa delle palancole;
- - Fase 3 – scavo fino a -2,5 m e posa della struttura orizzontale in acciaio;
- - Fase 4 – completamento dello scavo;
- - Fase 5 – scavo supplementare di 0,5 m previsto al par. 6.5.2.2 NTC18.

Combinazioni di carico

Nelle tabelle seguenti sono riportati i coefficienti parziali relativi alle azioni (A), ai materiali (M) e alle resistenze (R) per ciascuna combinazione.

Simboli	γG	γG	γQ	γQ	γQE	γG	γG	γGdst	γGstb	γQdst	γGdst	γGstb	γQdst
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

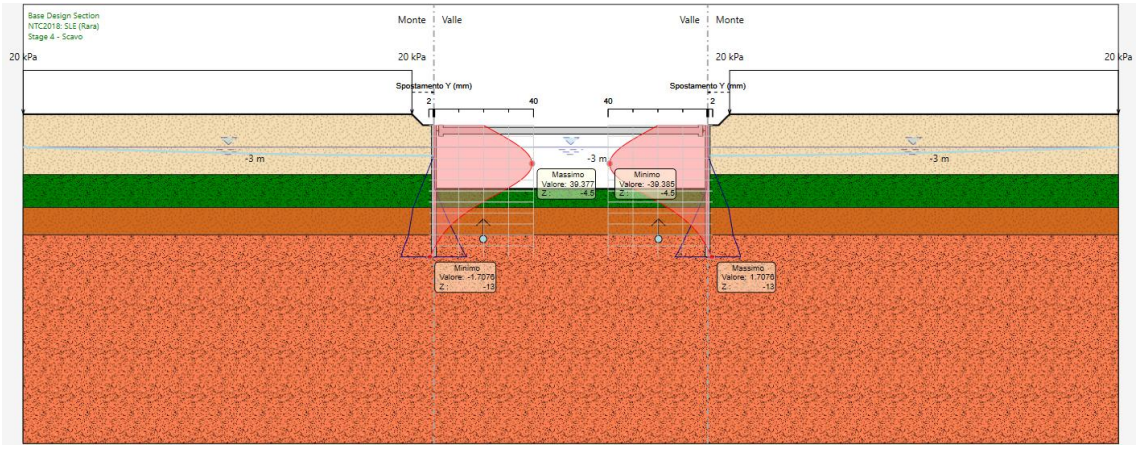
Simboli	γφ	γc	γcu	γqu	γγ
Nominale	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Simboli	γRe	γap	γat	
Nominale	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

Tutte le verifiche indicate di seguito si riferiscono alla vasca di laminazione 3.

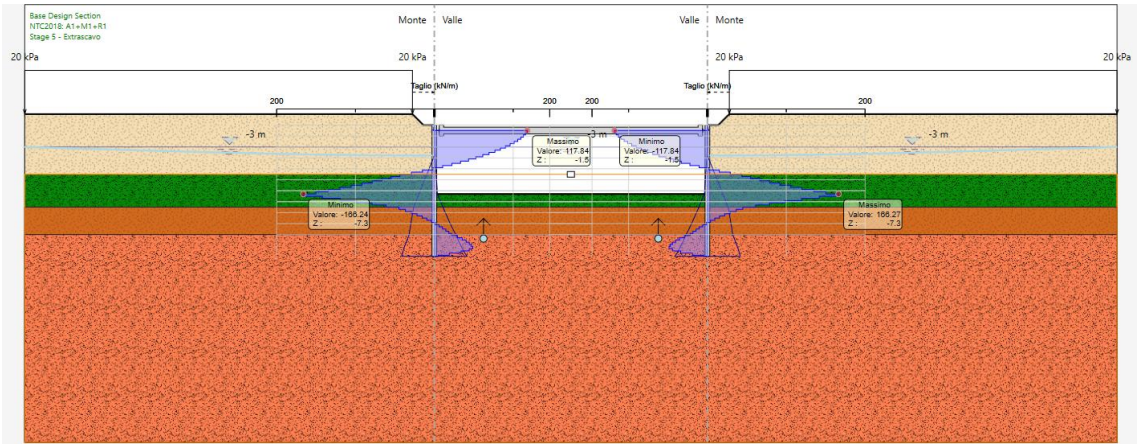
Verifiche STR

Gli spostamenti orizzontali nella combinazione caratteristica sono illustrati nella figura seguente (39,4 mm è un valore compatibile con la funzionalità della struttura).

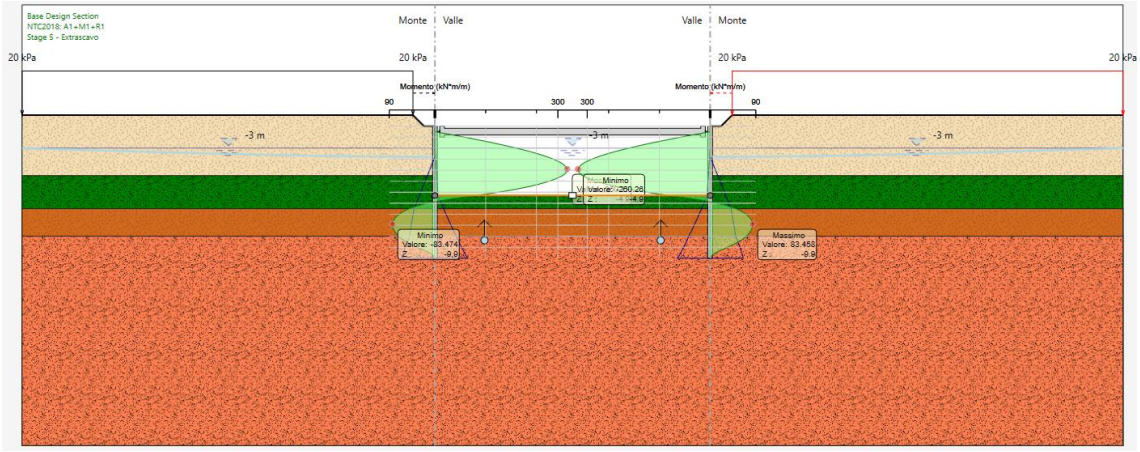


Spostamenti laterali (combinazione caratteristica)

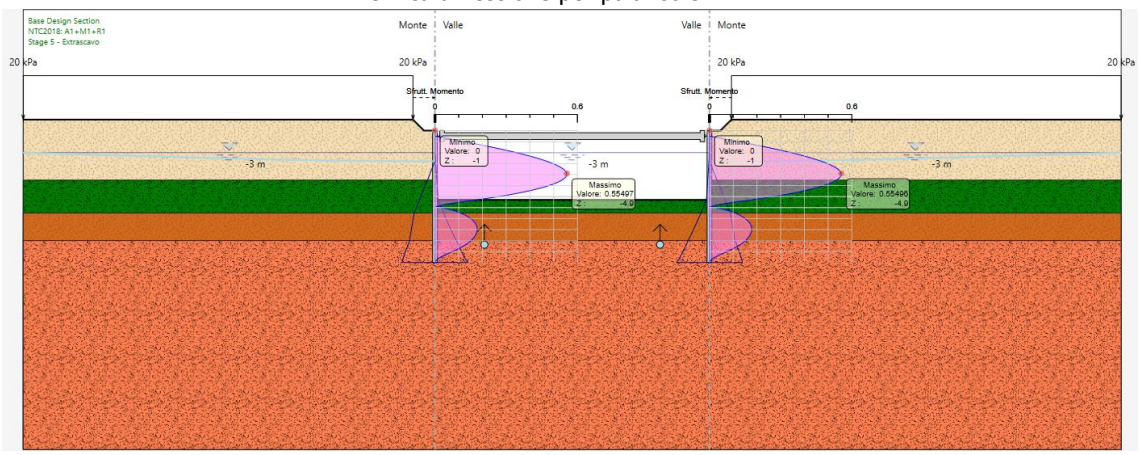
Di seguito sono indicate le verifiche strutturali.



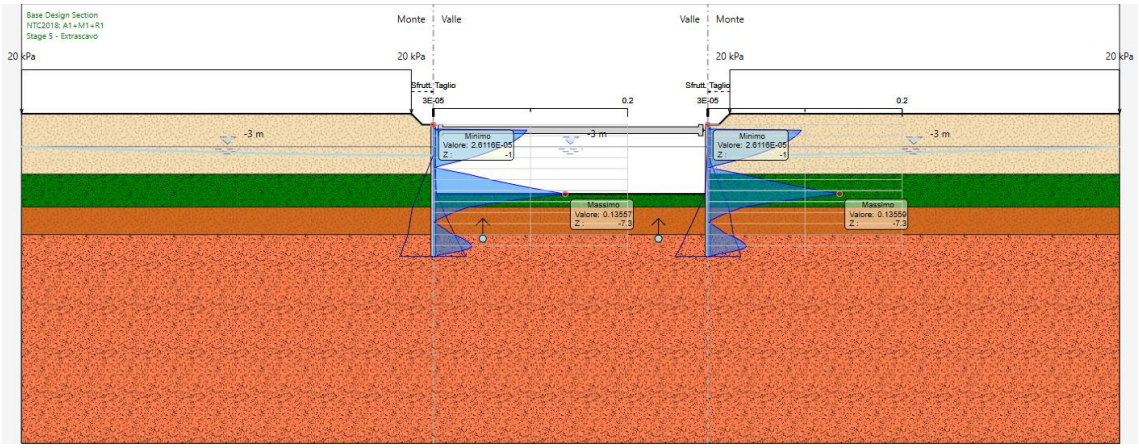
Verifica azioni di taglio dei pali A1+M1



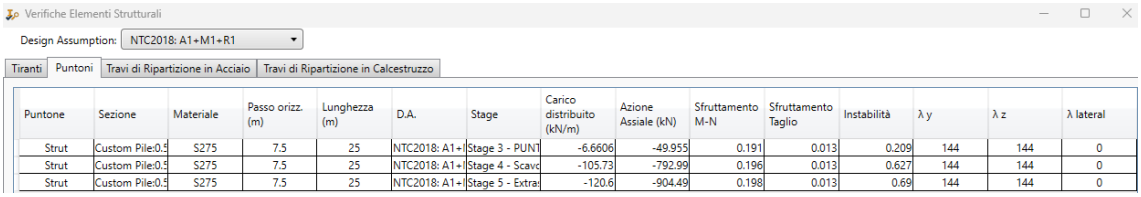
Verifica a flessione per palancole A1+M1



SLU flessione



SLU taglio

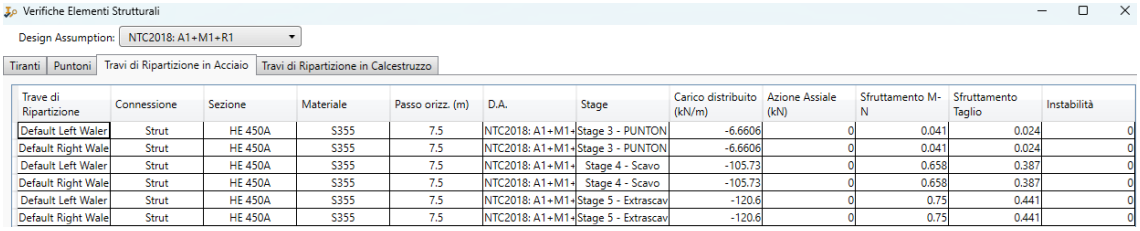


Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1

Tiranti | Puntoni | Travi di Ripartizione in Acciaio | Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Puntone	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	Lunghezza (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità	λ y	λ z	λ lateral
Strut	Custom Pile:0.5	S275	7.5	25	NTC2018: A1+	Stage 3 - PUNT	-6.6606	-49.955	0.191	0.013	0.209	144	144	0
Strut	Custom Pile:0.5	S275	7.5	25	NTC2018: A1+	Stage 4 - Scavo	-105.73	-792.99	0.196	0.013	0.627	144	144	0
Strut	Custom Pile:0.5	S275	7.5	25	NTC2018: A1+	Stage 5 - Extra	-120.6	-904.49	0.198	0.013	0.69	144	144	0



Verifiche Elementi Strutturali

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1

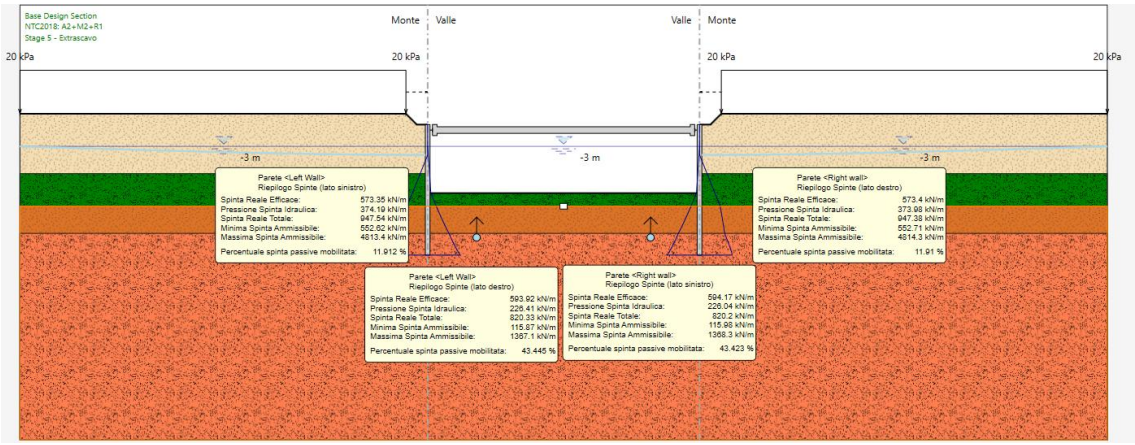
Tiranti | Puntoni | Travi di Ripartizione in Acciaio | Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

Trave di Ripartizione	Connessione	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento M-N	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Default Left Waler	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 3 - PUNTON	-6.6606	0	0.041	0.024	0
Default Right Wale	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 3 - PUNTON	-6.6606	0	0.041	0.024	0
Default Left Waler	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 4 - Scavo	-105.73	0	0.658	0.387	0
Default Right Wale	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 4 - Scavo	-105.73	0	0.658	0.387	0
Default Left Waler	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 5 - Extrascav	-120.6	0	0.75	0.441	0
Default Right Wale	Strut	HE 450A	S355	7.5	NTC2018: A1+M1+	Stage 5 - Extrascav	-120.6	0	0.75	0.441	0

Tutte verifiche sono soddisfatte.

17.2. Collasso per rotazione

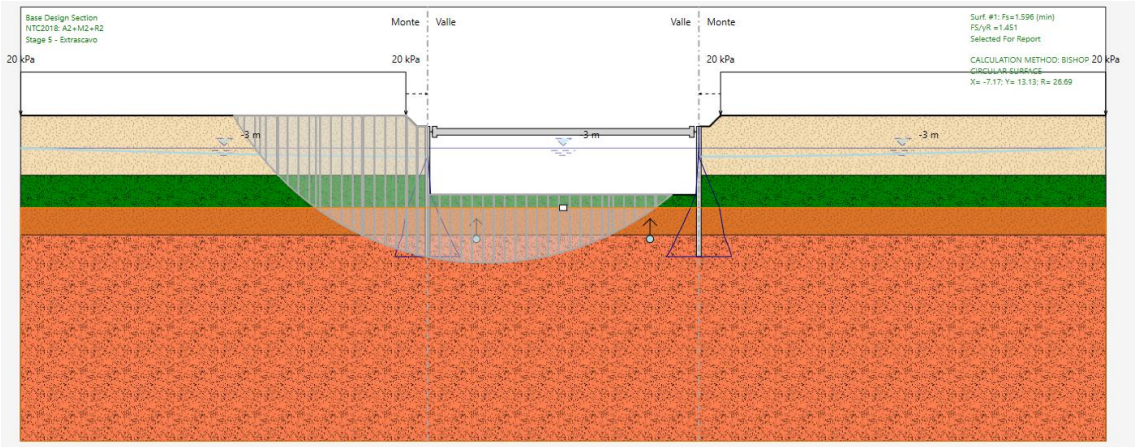
La figura riportata di seguito mostra i valori della spinta esercitata nella combinazione A2+M2+R1. Si noti che la percentuale di spinta passiva esercitata è pari al 43,4%, il che comporta un coefficiente di sicurezza di 1,0/0,43 = 2,3 > 1,0, poiché durante l'analisi non lineare non sono state violate le condizioni di equilibrio e di resistenza.



Spinta applicata A2+M2+R1

17.3. Verifica della stabilità globale

Di seguito è riportato la verifica della stabilità globale nella combinazione di carico A2+M2+R2 secondo il metodo di Bishop.



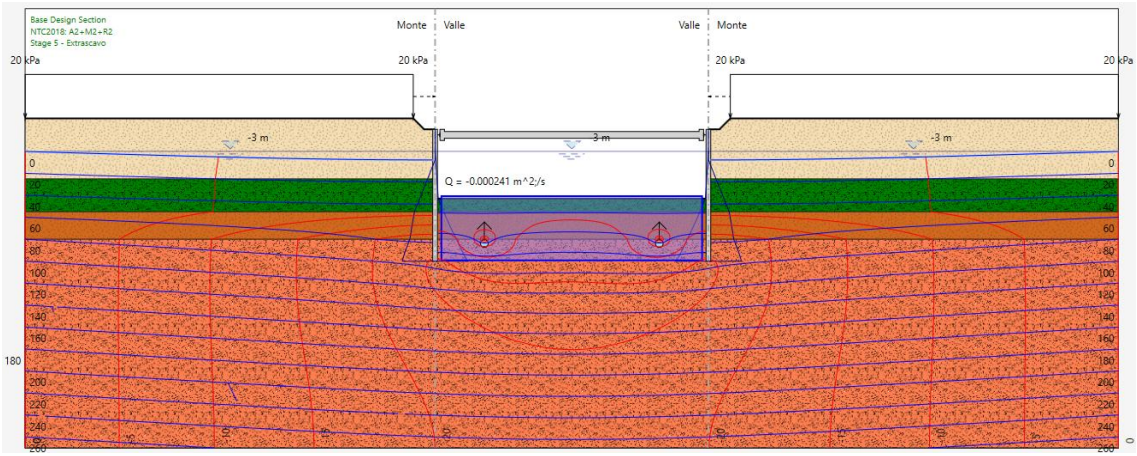
Meccanismo di collasso (coefficiente di sicurezza 1,45 > 1,1).

17.4. Sistema well-point e verifiche idrauliche (UPL/HYD)

L'analisi del sistema well-point e delle infiltrazioni è stata effettuata tenendo conto dei seguenti coefficienti di permeabilità (kh in direzione orizzontale, kv in direzione verticale)

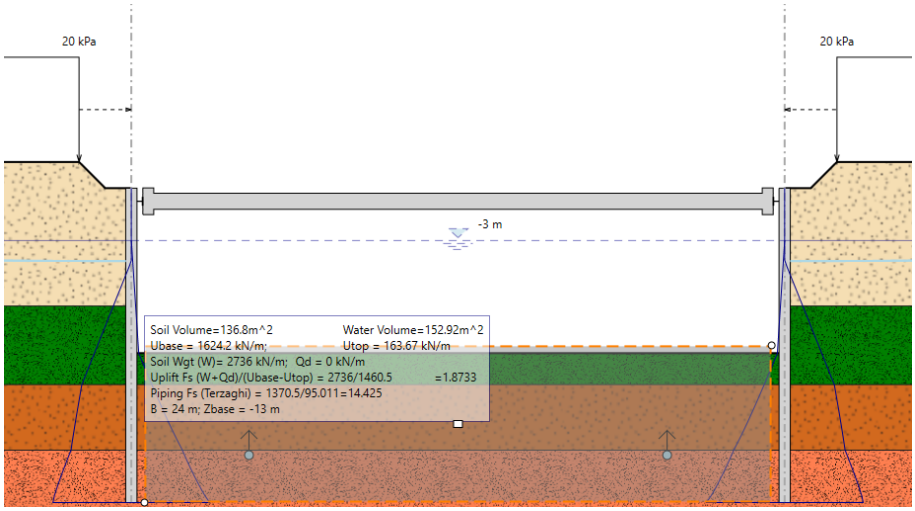
Strato	k_h (m/s)		k_v (m/s)
1	0.000002		0.000001
2	0.0001		0.00005
3	0.000002		0.000001
4	0.0005		0.00025

Di seguito sono riportate le portate emunte dal sistema well-point per ml di sviluppo della vasca.



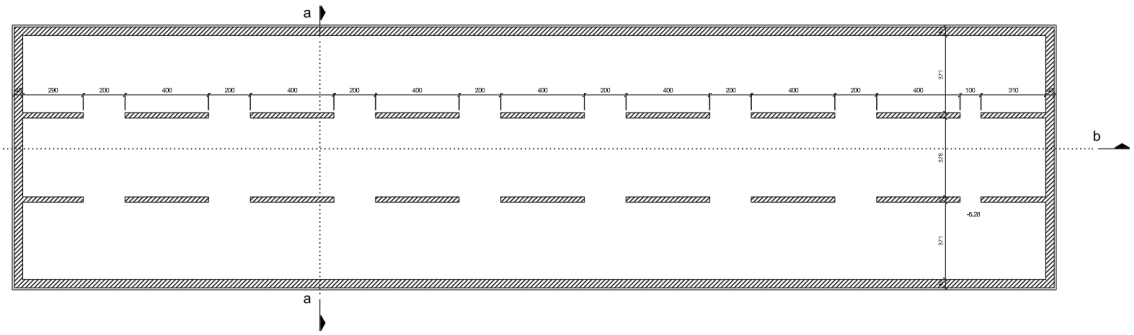
Portate emunte dal sistema well-point

Considerando quindi le dimensioni della vasca di laminazione 3 (23,7 m × 37,8 m), si ottiene una portata totale pari a 0,000241 × 37,8 m × 1000 = 32,8 m³/h.
Di seguito sono riportate le verifiche UPL/HYD.

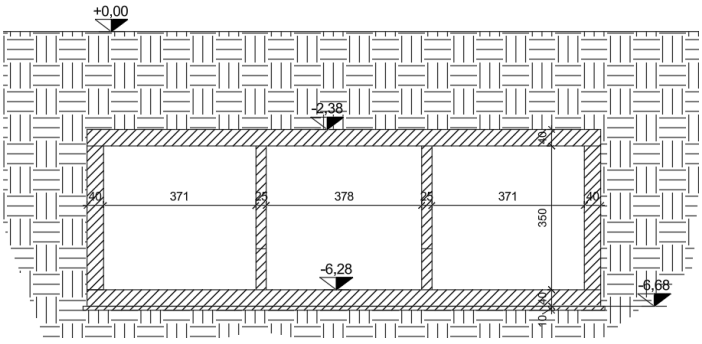


Verifiche UPL/HYD: UPL – 1.87 > 1.1/0.9=1.22; HYD - 14.4 > 3.0

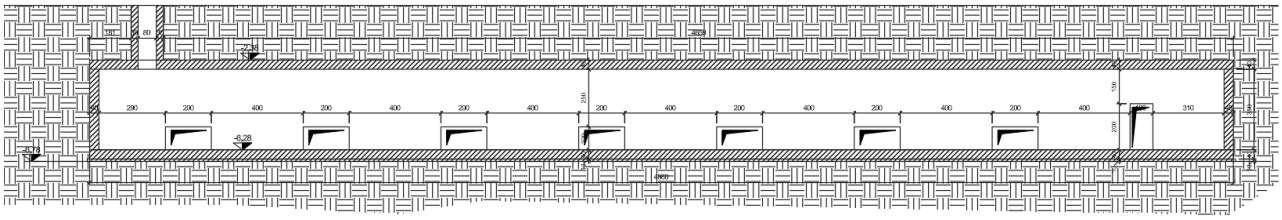
Di seguito sono riportate le verifiche relative alla vasca di laminazione.



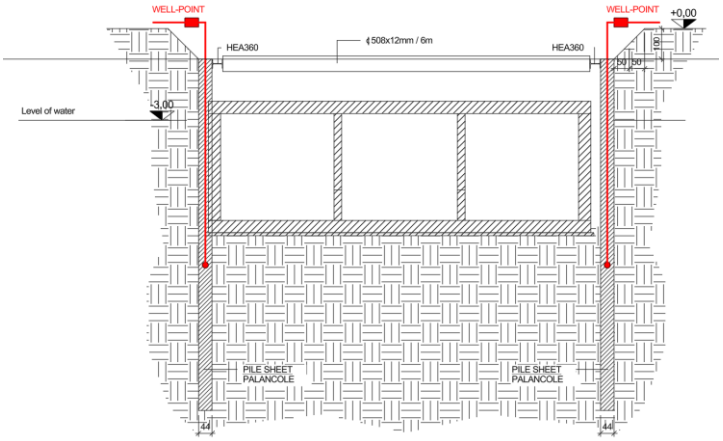
Struttura della vasca (pianta)



Sezione A- A



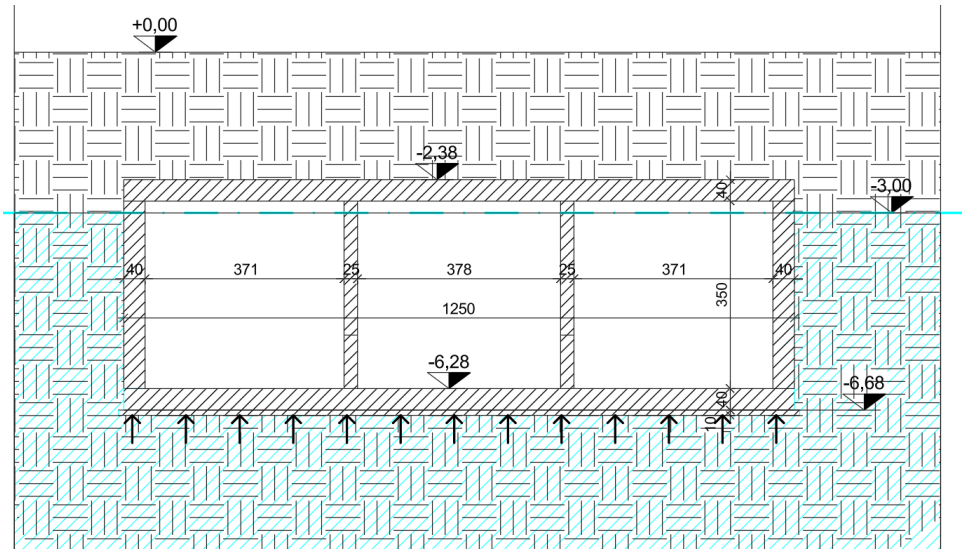
Sezione B-B



Sezione tipologica

17.5. Verifica di sollevamento (UPL)

La figura seguente mostra uno schema della vasca in esercizio.



Configurazione durante lo scavo

In questa fase, secondo il paragrafo 6.2.4.2 della NTC18, ipotizzando un valore del coefficiente parziale pari a 0,9 se l'effetto è favorevole e a 1,1 se è sfavorevole, si ottiene:

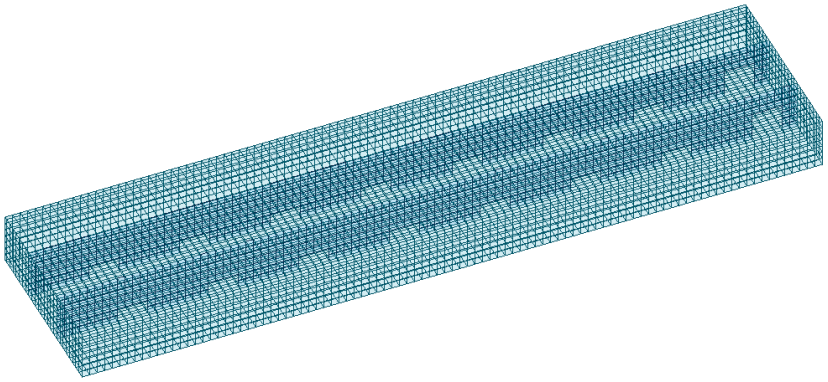
$V_{inst,d}$ = 1.1 x (49.8m x 12.5x 3.68m) x 10 kN/mc = 25199 kN
$G_{stab,d}$ = 0.9 x {[25 x kN/mc x 2 x (49.8m x 12.5m x 0.4m) + (12.5m x 3.5m x 0.4m) + (49m x 3.5m x 0.4m) +(49m x 3.5m x 0.25m)] + (18 kN/mc x 49.8m x 2.38m x 12.5m)} = 41009 kN

Essendo $G_{stab,d} > V_{inst,d}$, la verifica è soddisfatta.

17.6. Verifiche allo SLU/SLE

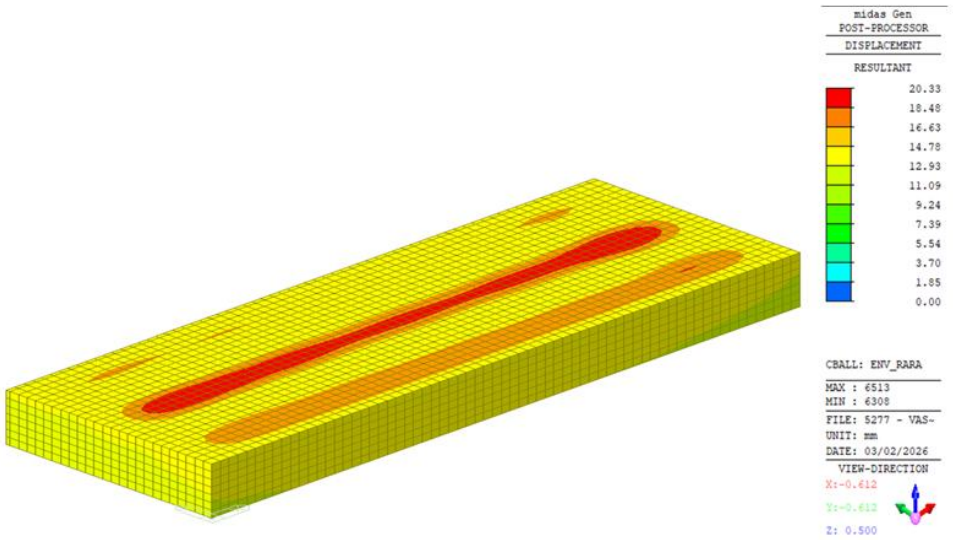
Le sollecitazioni interne di progetto agli SLU e le relative verifiche (flessione e taglio) sono riportate di seguito. L'analisi è stata eseguita mediante un modello FEM tridimensionale, assegnando i carichi definiti sopra e vincolando la platea in c.a su un basamento di molle reagenti solo a compressione, con costante elastica di Winkler pari a 6500 kN/m³.

I carichi di progetto sono:
- peso proprio della vasca;
- pressione al suolo a riposo/peso del terreno;
- pressione dell'acqua;
- carico variabile pari a 80 kN/m² (per simulare le gru);
- acqua di falda.



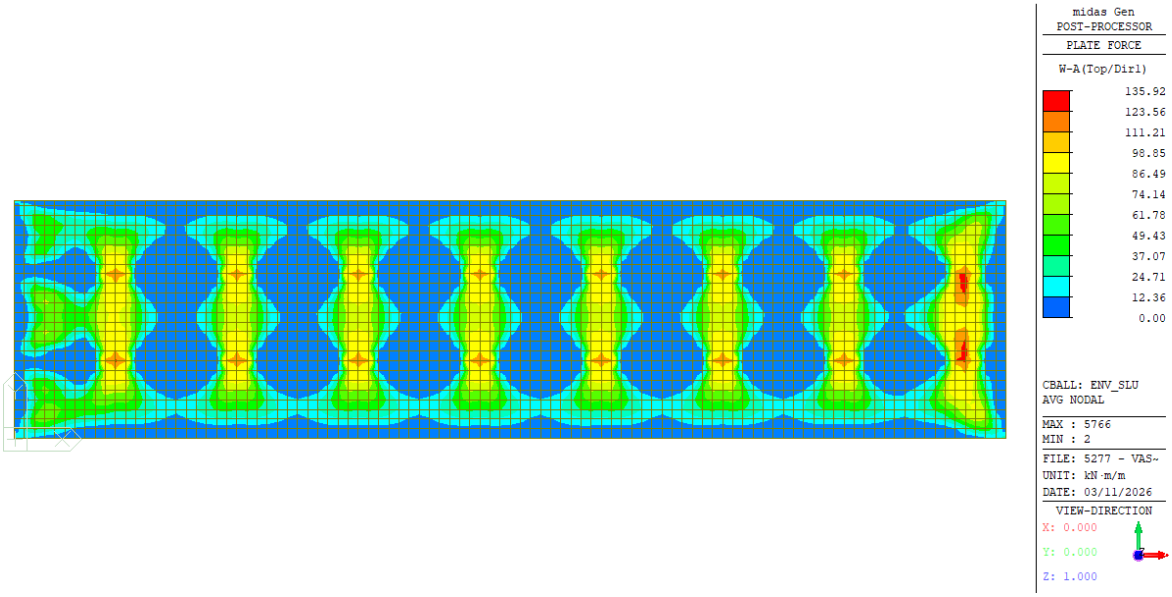
Modello FEM

Verifica del basamento della struttura:

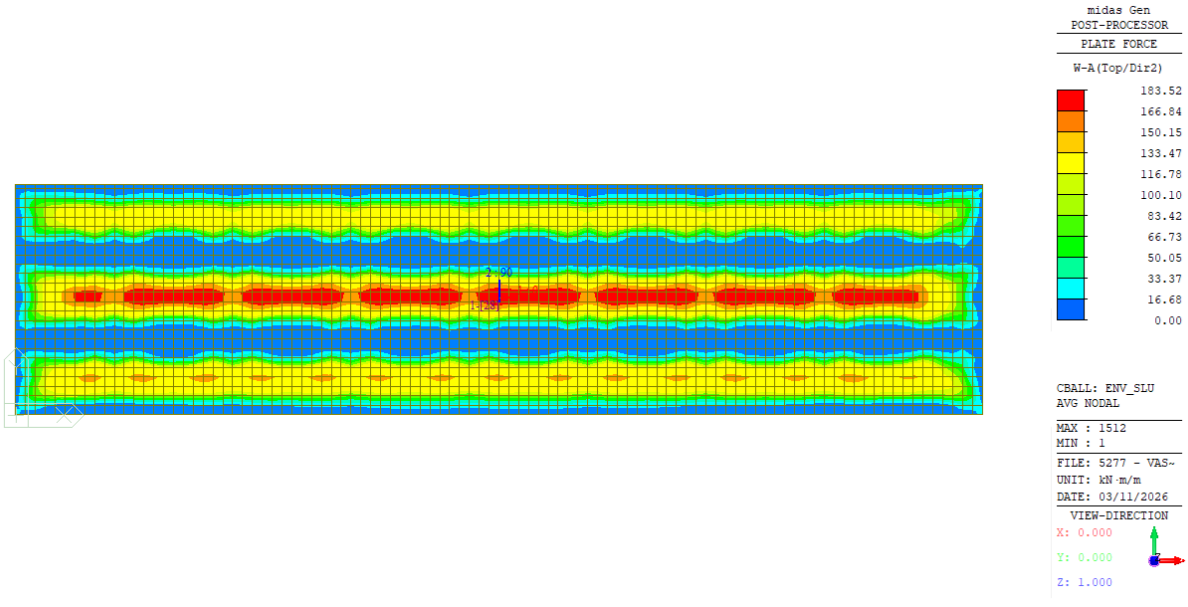


Deformazione (Rara)

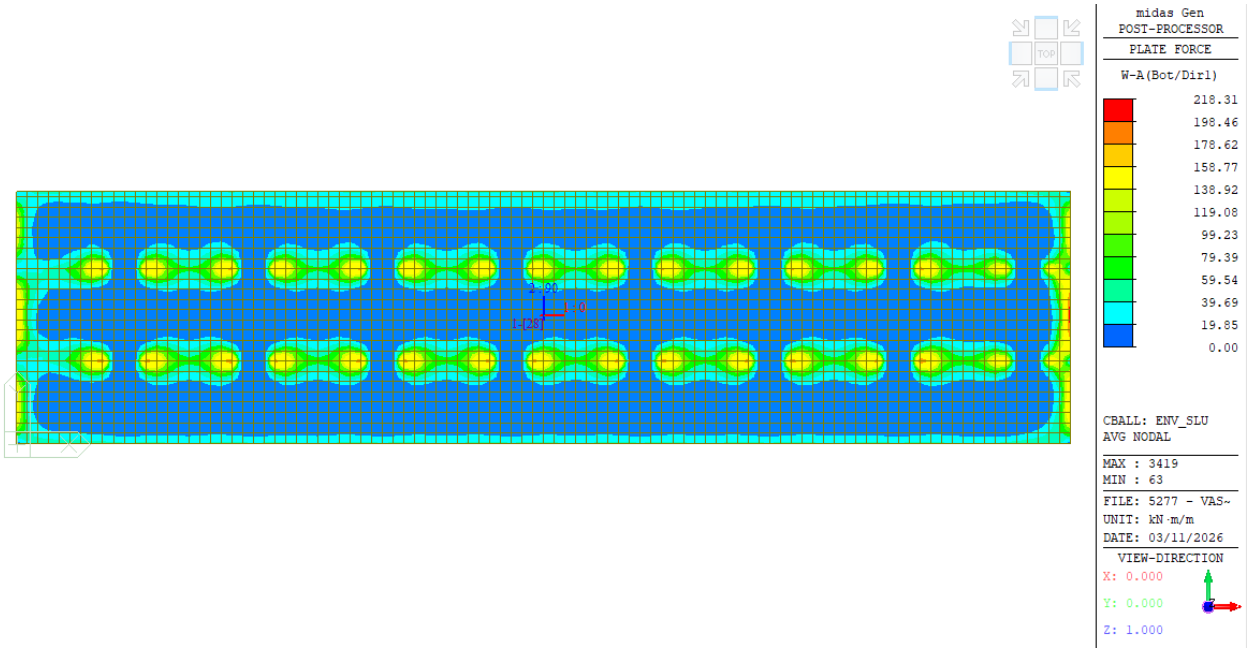
Di seguito sono illustrate le verifiche a flessione del basamento di spessore di 40 cm nella combinazione peggiore; associando i momenti di Wood – Armer



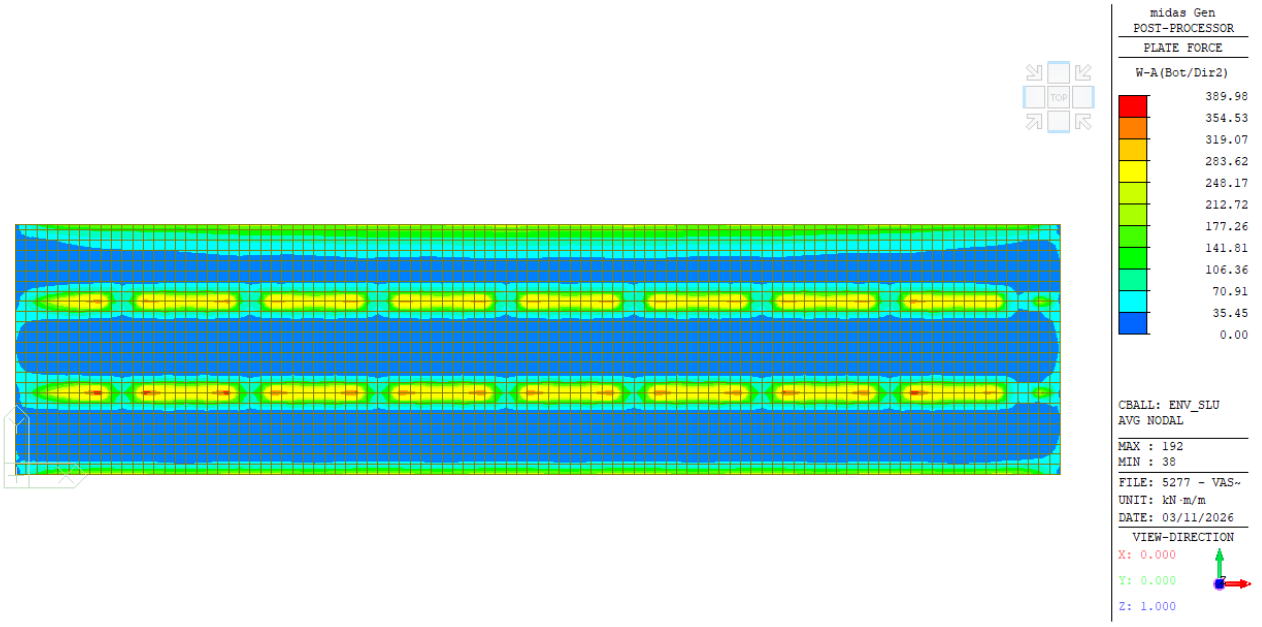
Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione X - sup



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione Y - sup



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione X - inf



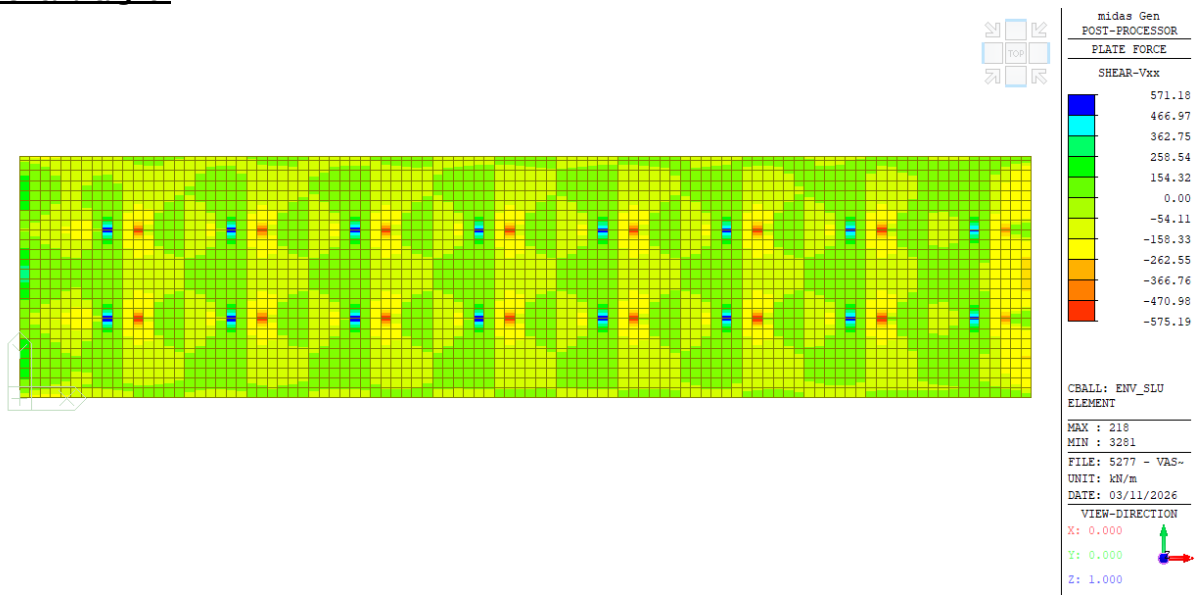
Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione Y - inf

La sezione del basamento armato con barre nelle due direzioni, composta da:
Per la direzione X superiore: Ø16/20;

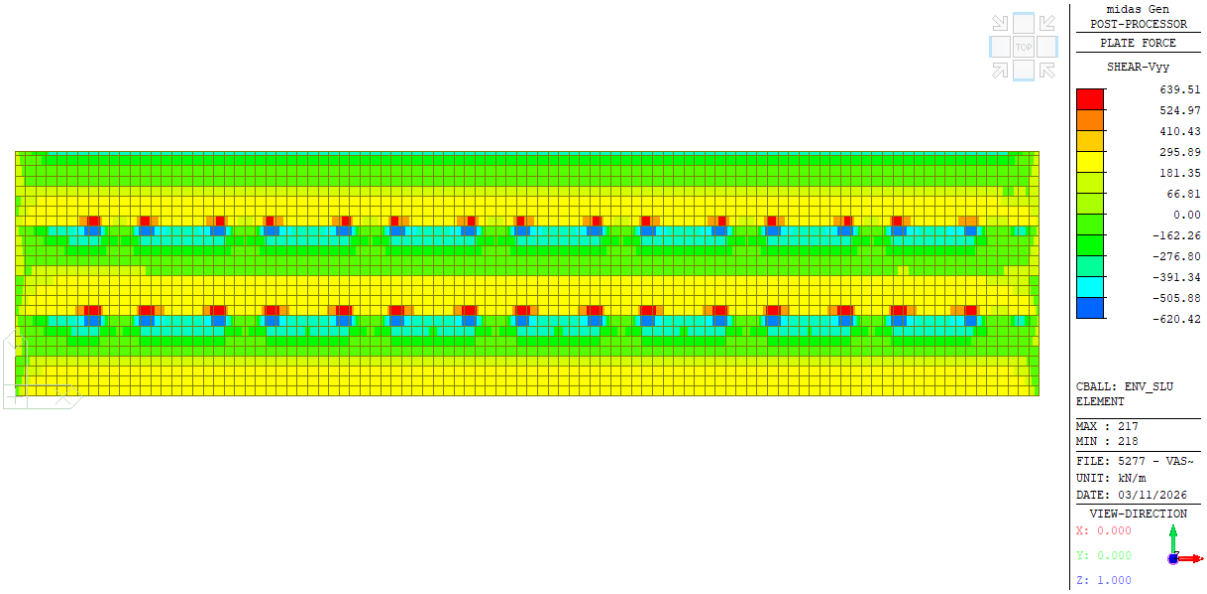
Per la direzione Y superiore: Ø16/20 con armature aggiuntive Ø16/20;
Con un valore totale del momento flettente di M_{Rd} = 259.4 kNm

Per la direzione X inferiore: Ø20/20 con armature aggiuntive Ø20/20;
Per la direzione Y inferiore: Ø20/20 con armature aggiuntive Ø20/20;
Con un valore totale del momento flettente di M_{Rd} = 392.9 kNm.

Verica a taglio:



Inviluppo SLU azione di taglio dir.X



Inviluppo SLU azione di taglio dir.Y

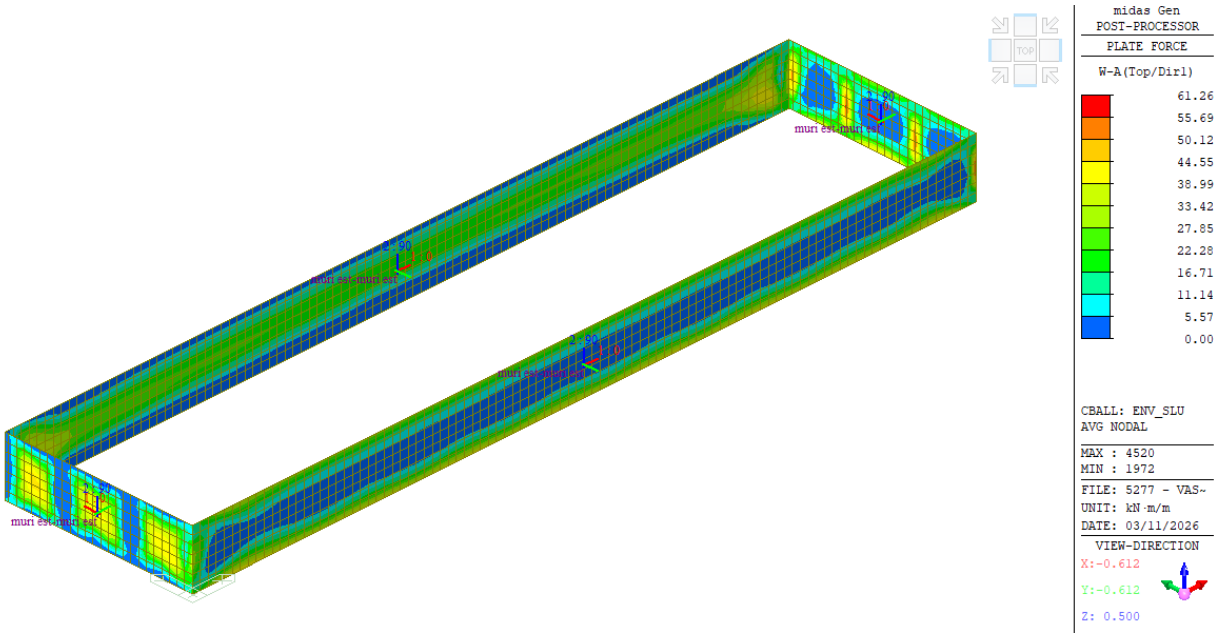
C35/45				
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
1000	400	50	350	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	12	5
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
565.49	0.00		3.28	2.50
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
1000	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
640	832.56		1352.33	
VERIFICATO				

Verifica taglio allo SLU

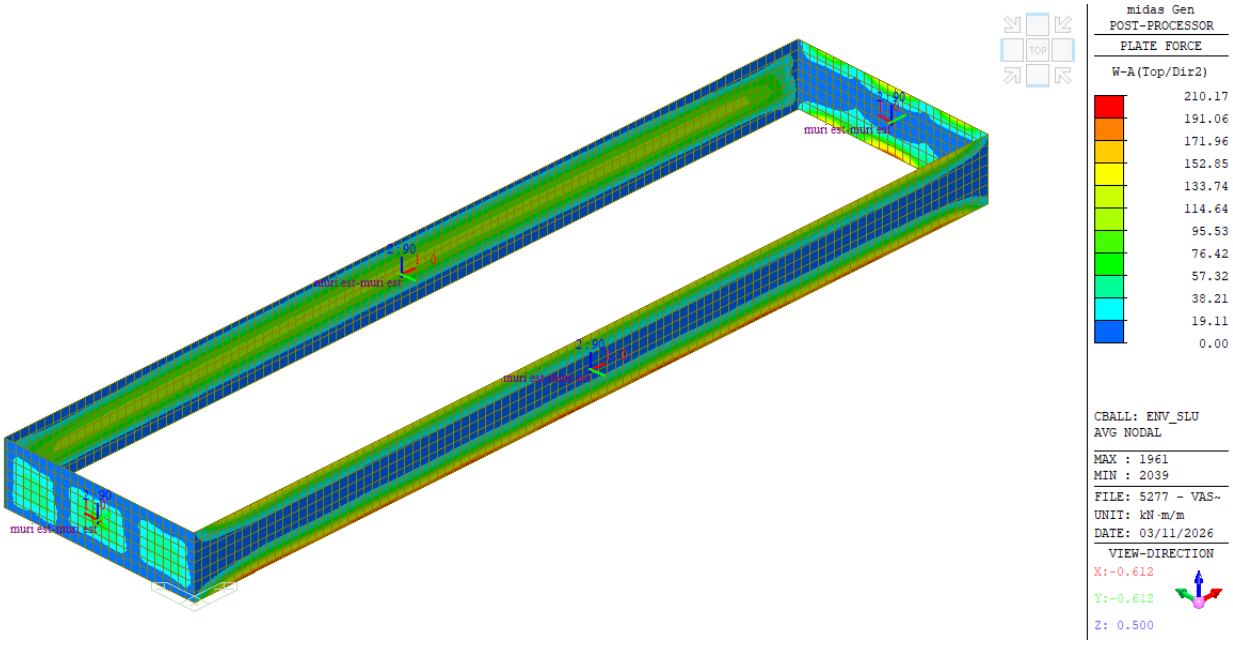
Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Verifica delle pareti perimetrali:

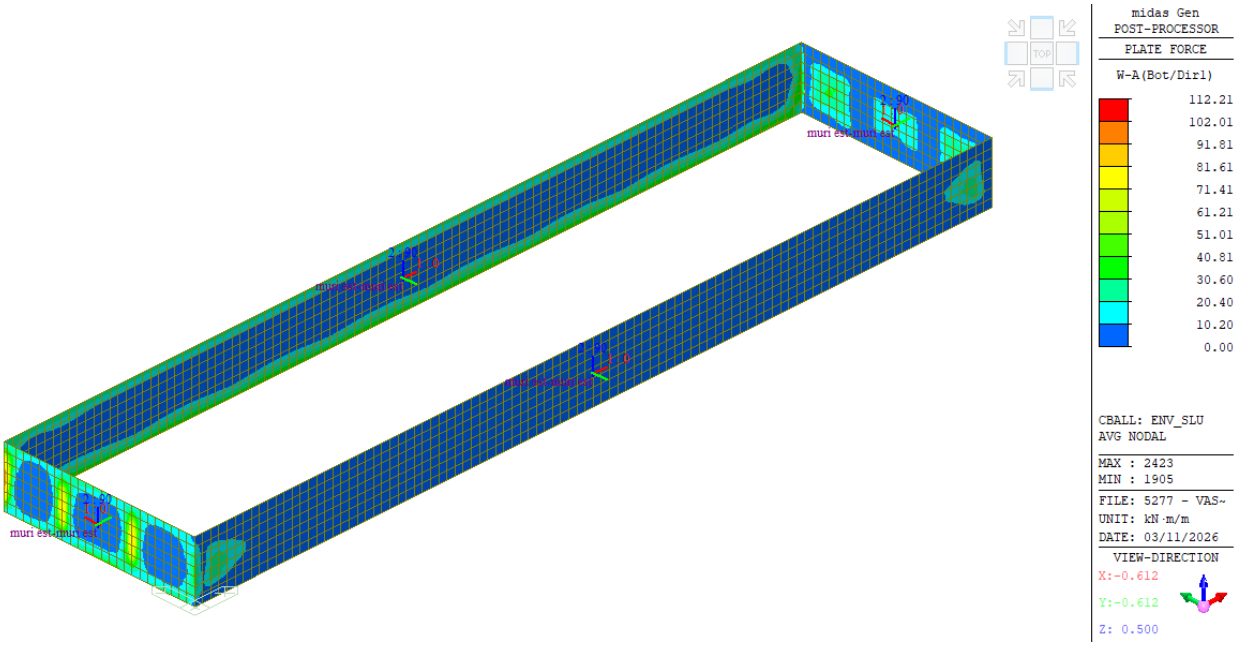
Di seguito sono riportate le sollecitazioni sulle pareti perimetrali con uno spessore di 40 cm nella combinazione più sfavorevole:



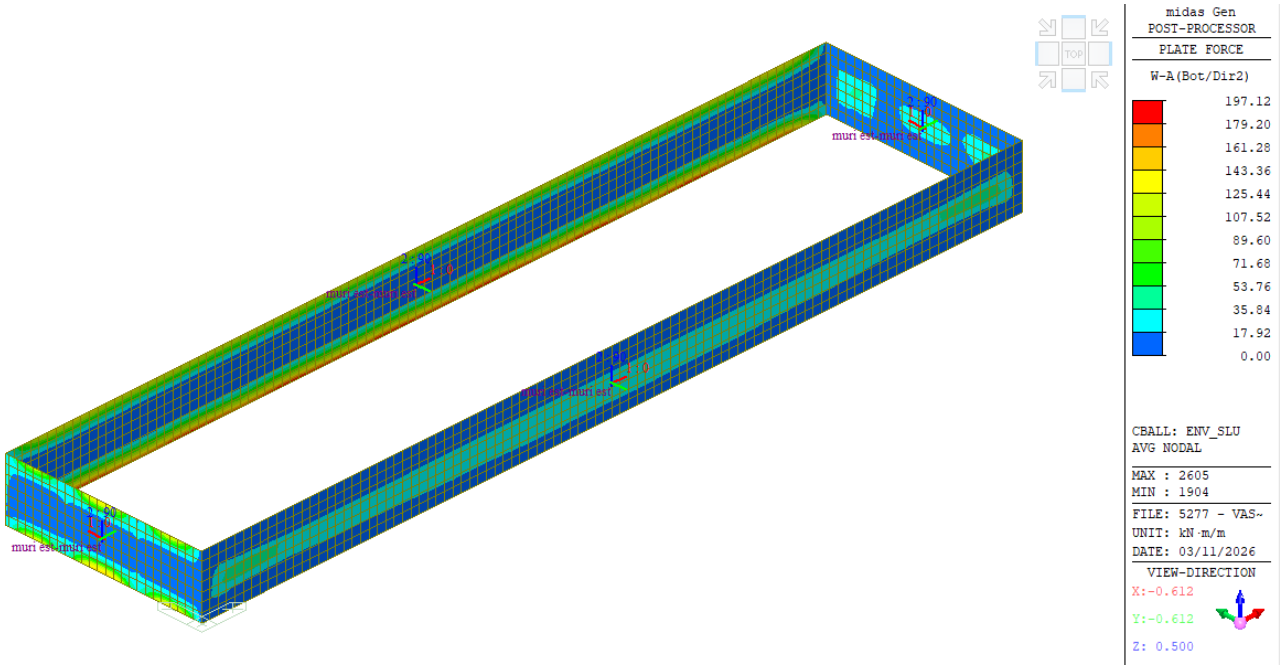
Inviluppo momento Wood-Armer SLU in dir. 1- sup



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in dir. 2- sup

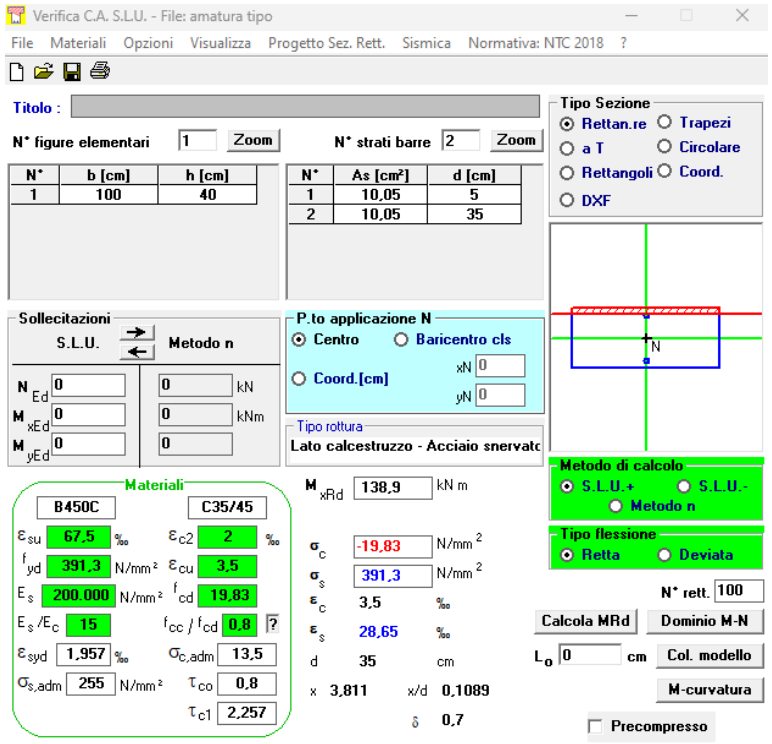


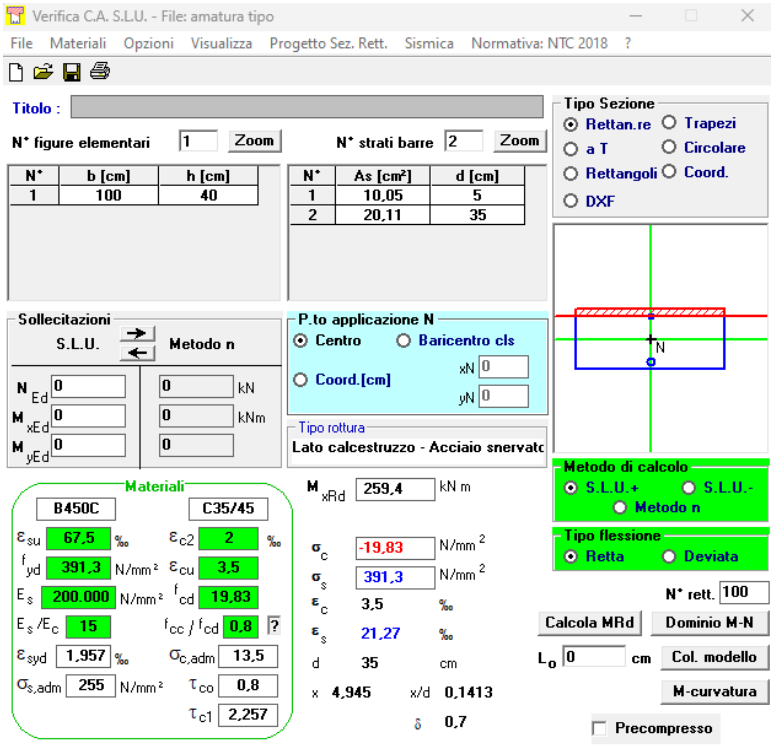
Inviluppo momento Wood-Armer SLU in dir. 1- inf



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in dir. 2- inf

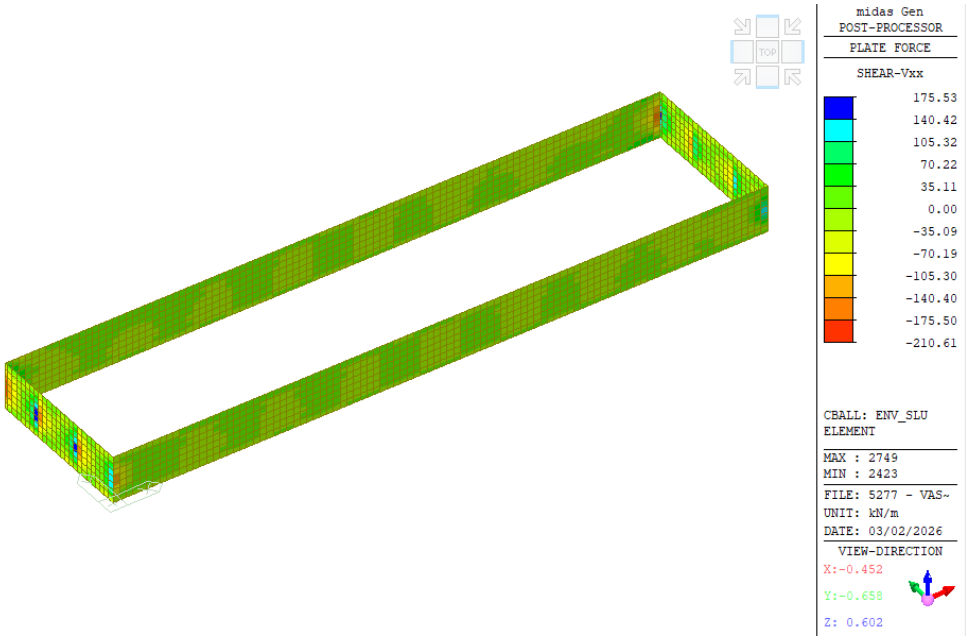
La sezione delle pareti esterne, armata con barre verticali 1+1 Ø16/20, è in grado di resistere un momento flettente di M_{Rd} = 138,9 kNm; ove necessario, vengono aggiunte armature aggiuntive di Ø16/20, con una resistenza complessiva di M_{Rd} = 259,4 kNm.



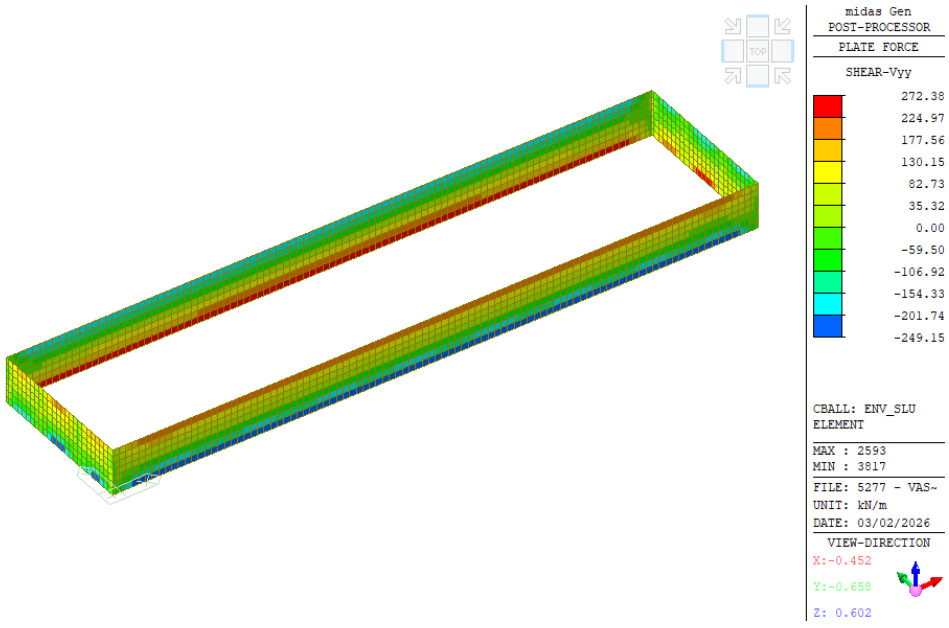


Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Verifica a taglio:



Inviluppo SLU azione di taglio dir. x (local)



Inviluppo SLU azione di taglio dir. y (local)

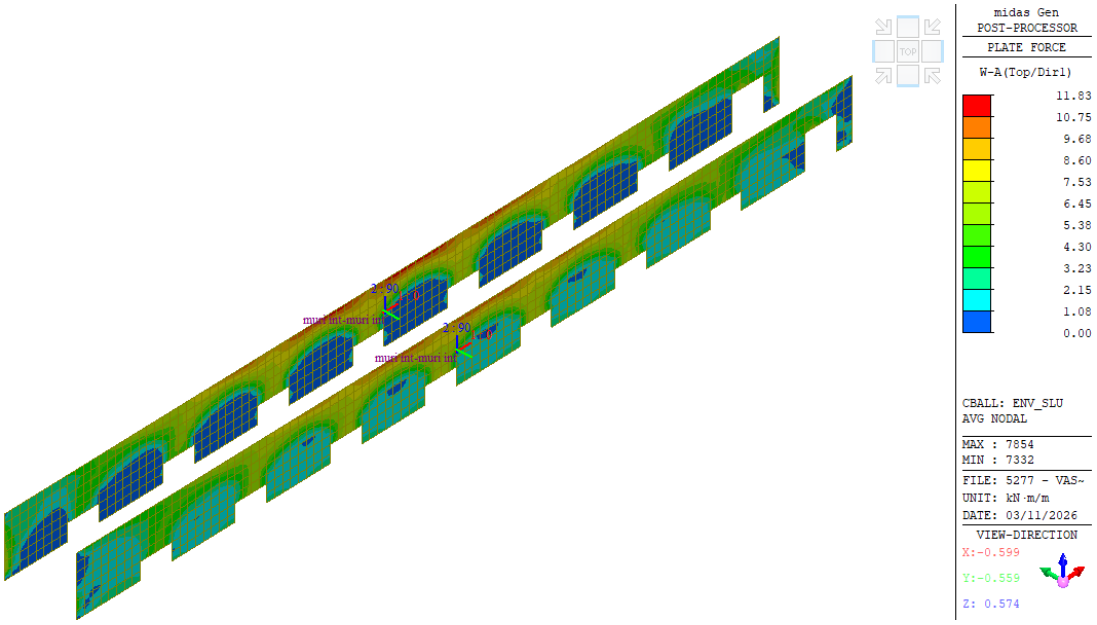
C35/45				
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
1000	400	50	350	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	12	5
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
565.49	-685.93		2.28	2.28
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
1000	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
454	758.13		1444.06	
VERIFICATO				

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

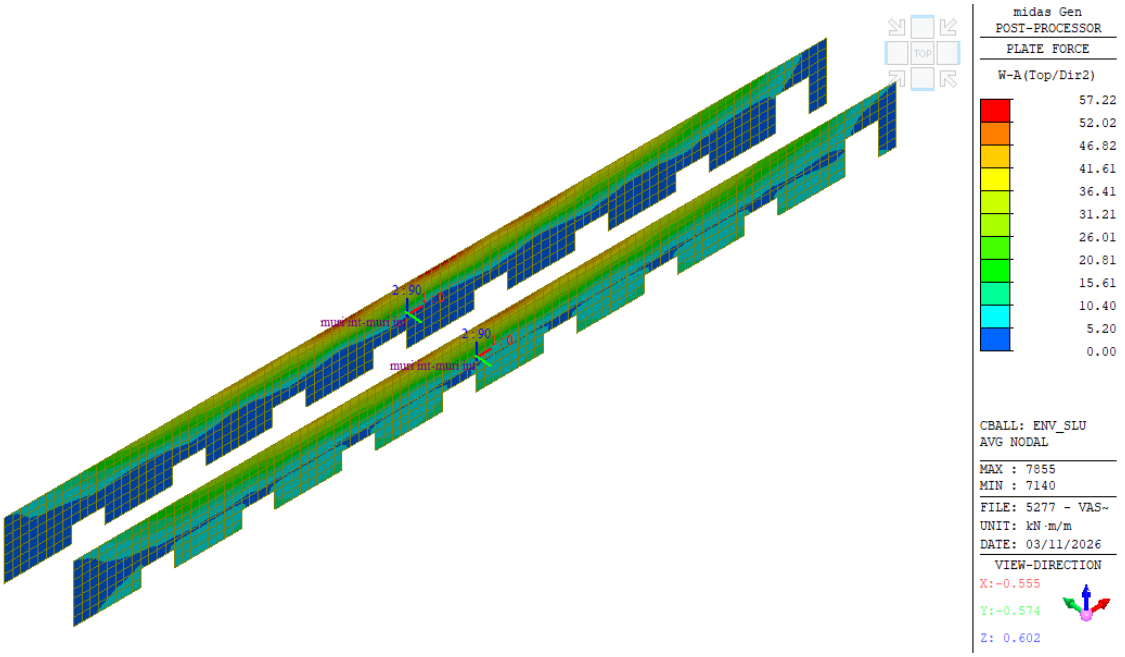
Verifica delle pareti interne:

Di seguito sono riportate le sollecitazioni sulle pareti interne con uno spessore pari a 25 cm nella combinazione più sfavorevole:

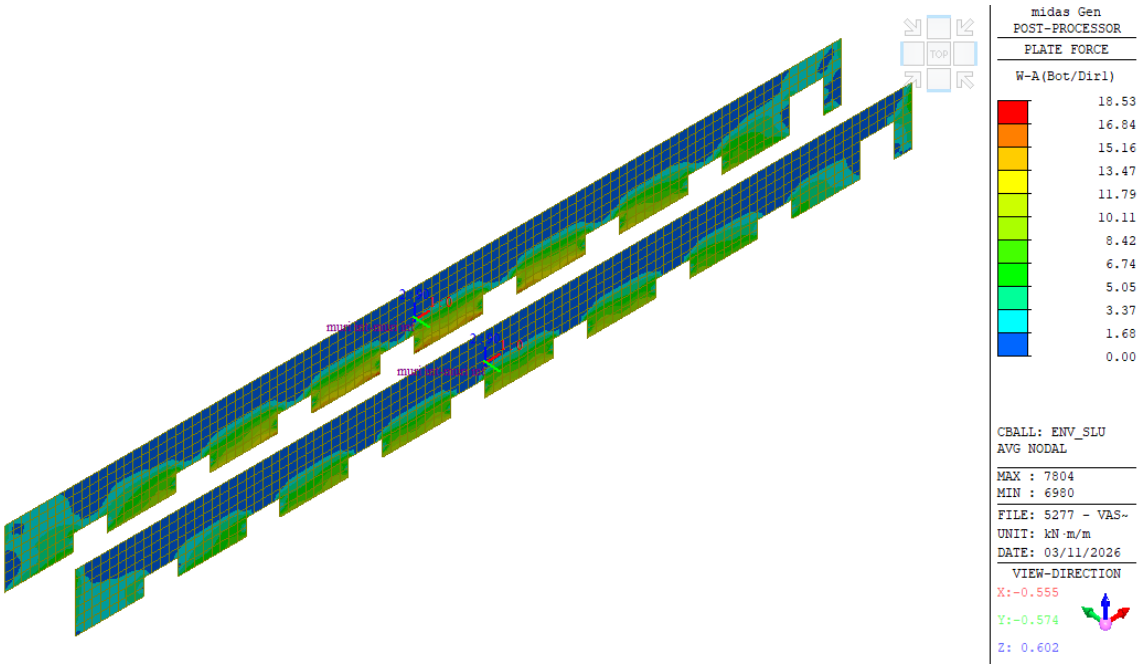
Alla base di ogni parete interna sono presenti aperture di 200 cm di larghezza e 100 cm di altezza per consentire il deflusso dell'acqua.



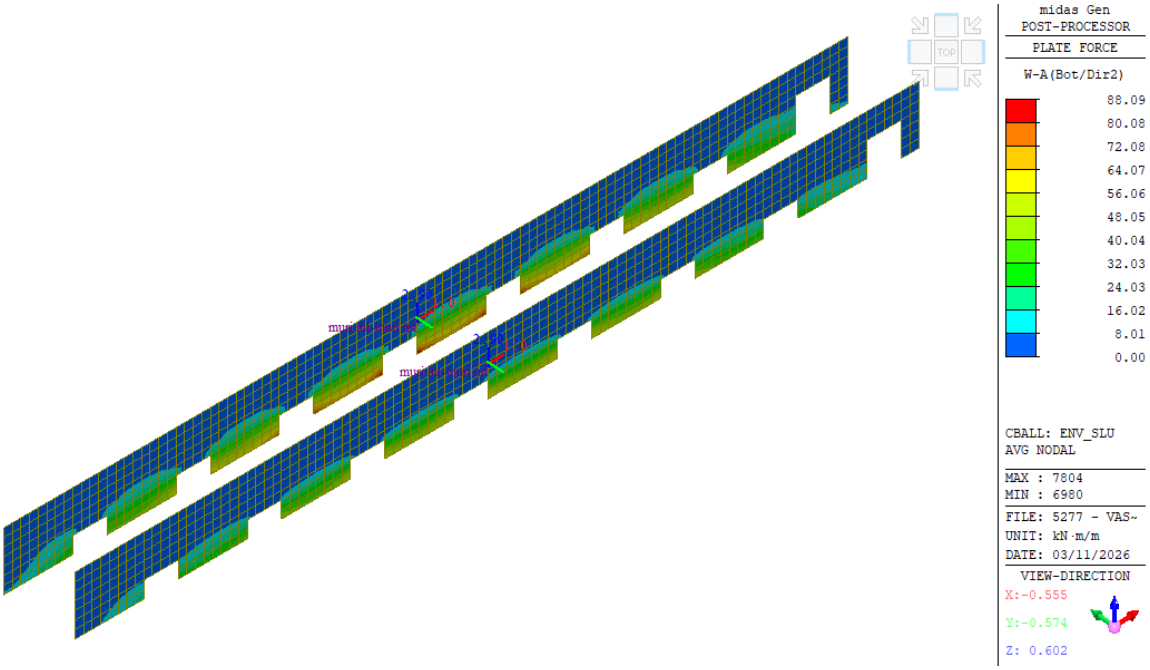
Inviluppo momento flettente Wood-Armer SLU in direzione orizzontale – sup (dir. 1)



Inviluppo momento flettente Wood-Armer SLU in direzione verticale - sup(dir. 2)

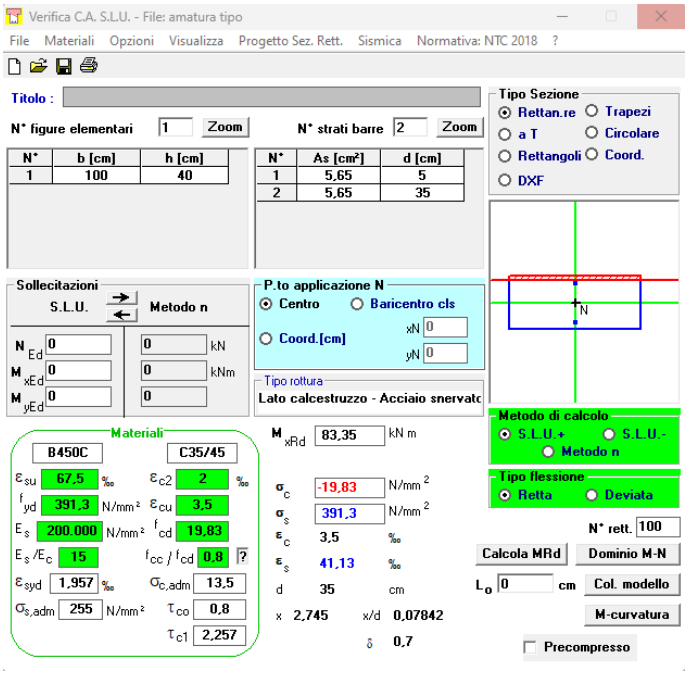


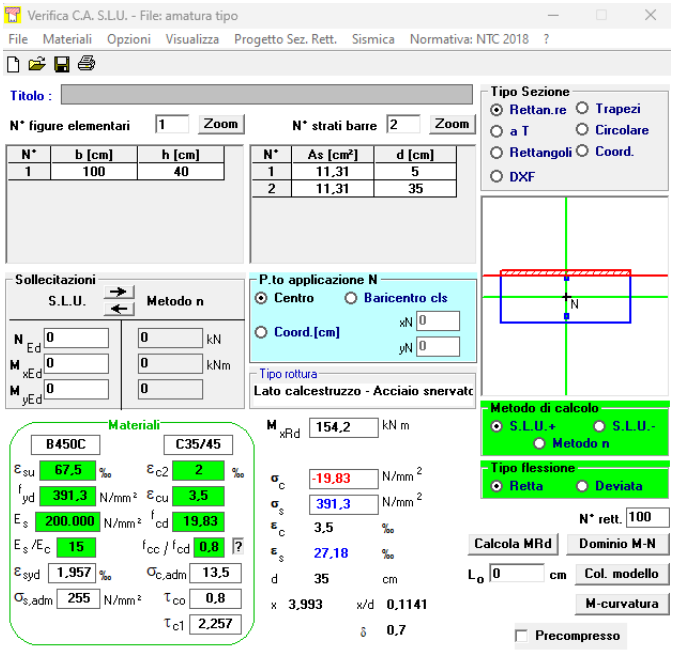
Inviluppo momento flettente Wood-Armer SLU in direzione orizzontale – inf (dir. 1)



Inviluppo momento flettente Wood-Armer SLU in direzione verticale - inf (dir. 2)

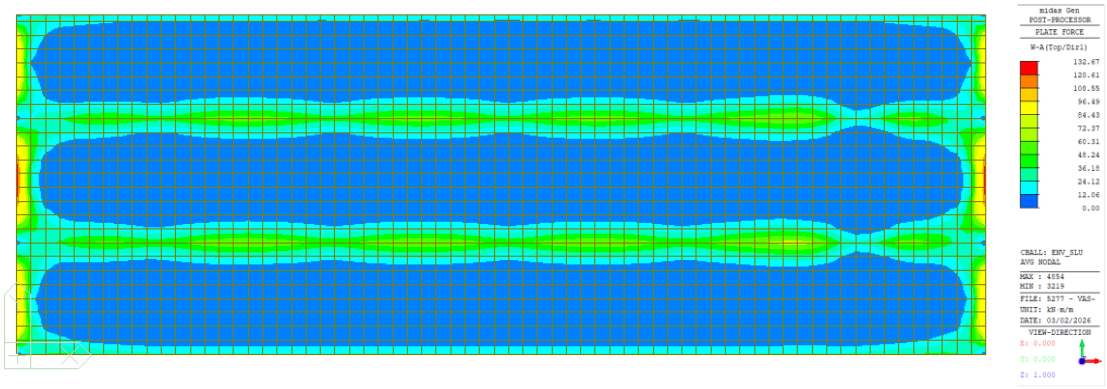
La sezione delle pareti interne, armata con barre verticali 1+1 Ø12/20, è in grado di sopportare un momento flettente di MRd = 83,35 kNm; è necessario prevedere armatura aggiuntiva dove necessario con barre Ø12/20 per ottenere M_{Rd} = 154,2 kNm.


Verifica C.A. S.L.U. - File: amatura tipo
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?
Titolo :
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 40
N° As [cm²] d [cm]
1 5,65 5
2 5,65 35
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 0 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C35/45
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 200.000 N/mm² f cd 19,83
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,957 ‰ σ c,adm 13,5
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,8
τ c1 2,257
M xRd 83,35 kN m
σ c -19,83 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 41,13 ‰
d 35 cm
x 2,745 x/d 0,07842
δ 0,7
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso
N

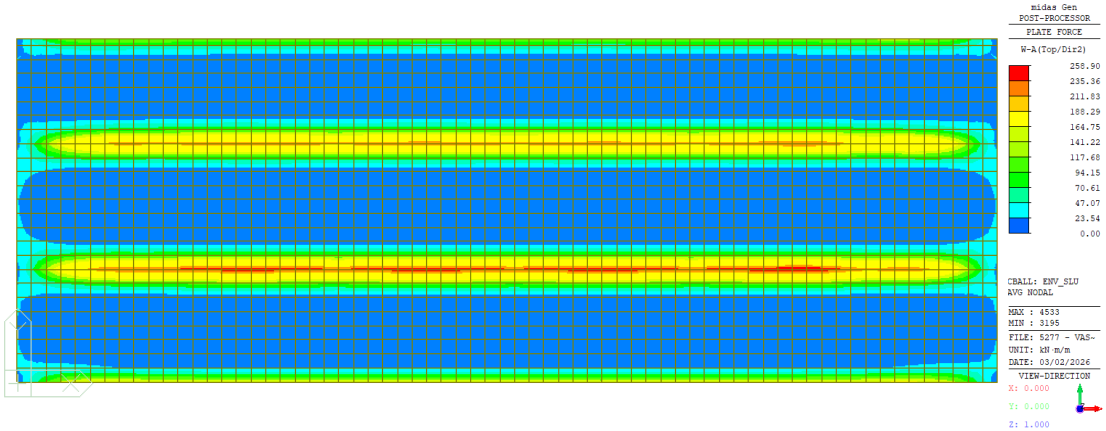

Verifica C.A. S.L.U. - File: amatura tipo
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?
Titolo :
N° figure elementari 1 Zoom
N° strati barre 2 Zoom
N° b [cm] h [cm]
1 100 40
N° As [cm²] d [cm]
1 11,31 5
2 11,31 35
Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF
Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 0 0 kN
M xEd 0 0 kNm
M yEd 0 0
P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
Materiali
B450C C35/45
ε su 67,5 ‰ ε c2 2 ‰
f yd 391,3 N/mm² ε cu 3,5
E s 200.000 N/mm² f cd 19,83
E s /E c 15 f cc / f cd 0,8 ?
ε syd 1,957 ‰ σ c,adm 13,5
σ s,adm 255 N/mm² τ co 0,8
τ c1 2,257
M xRd 154,2 kN m
σ c -19,83 N/mm²
σ s 391,3 N/mm²
ε c 3,5 ‰
ε s 27,18 ‰
d 35 cm
x 3,993 x/d 0,1141
δ 0,7
Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n
Tipo flessione
Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L o 0 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso
N

Verifica soletta:

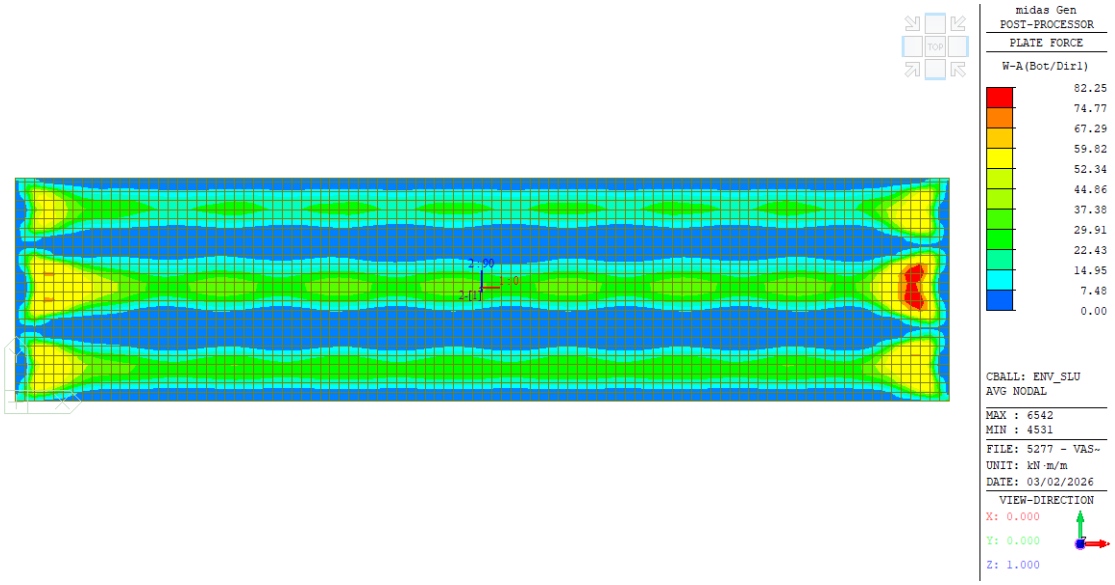
Di seguito sono riportate le sollecitazioni sulla soletta di 40 cm di spessore nella combinazione più gravosa:



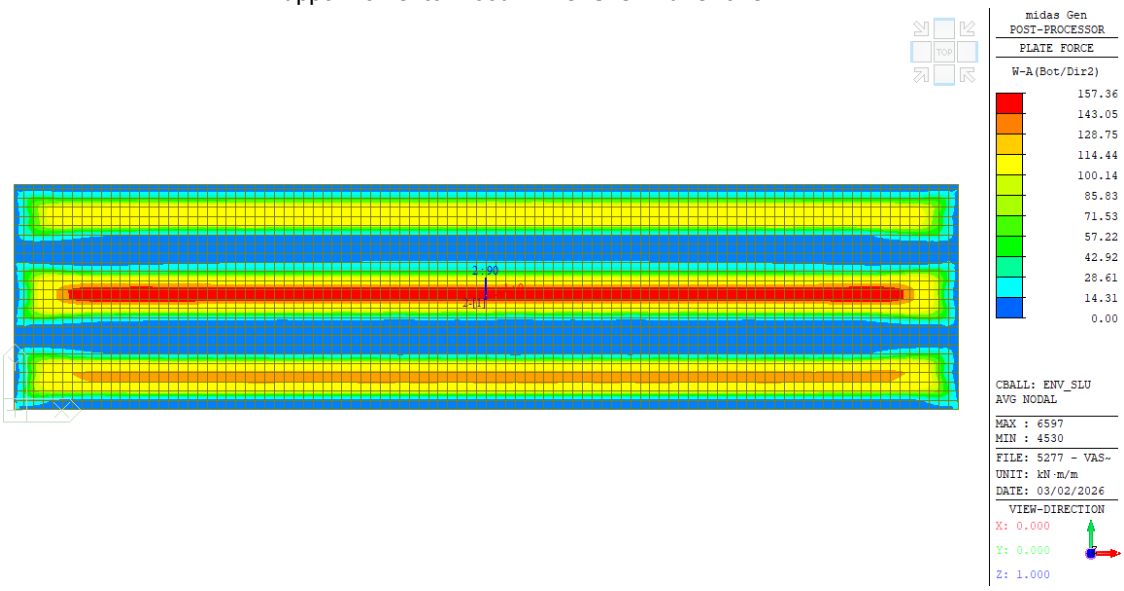
Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione X - sup



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione Y - sup



Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione X - inf

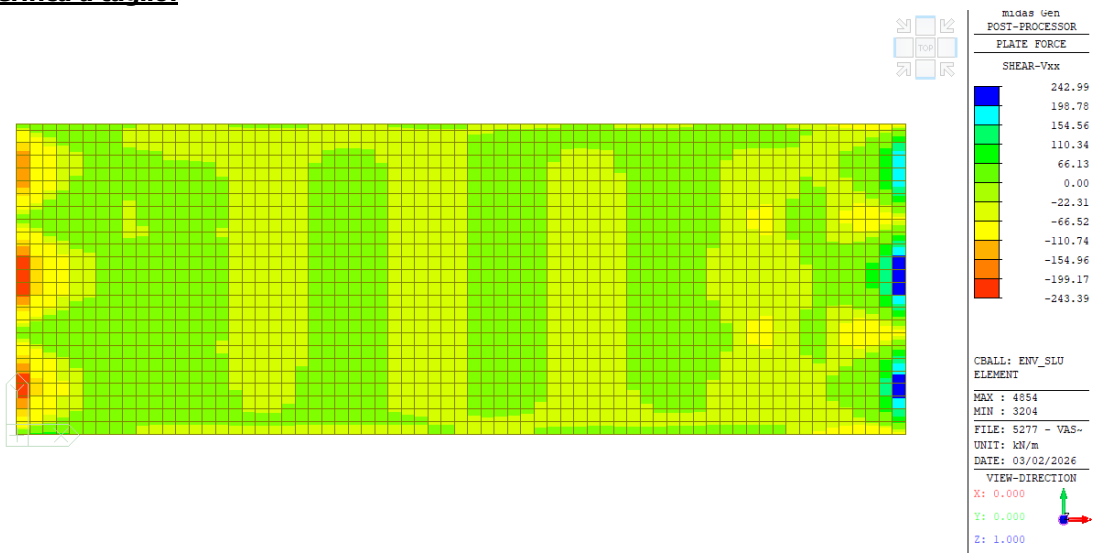


Inviluppo momento Wood-Armer SLU in direzione Y- inf

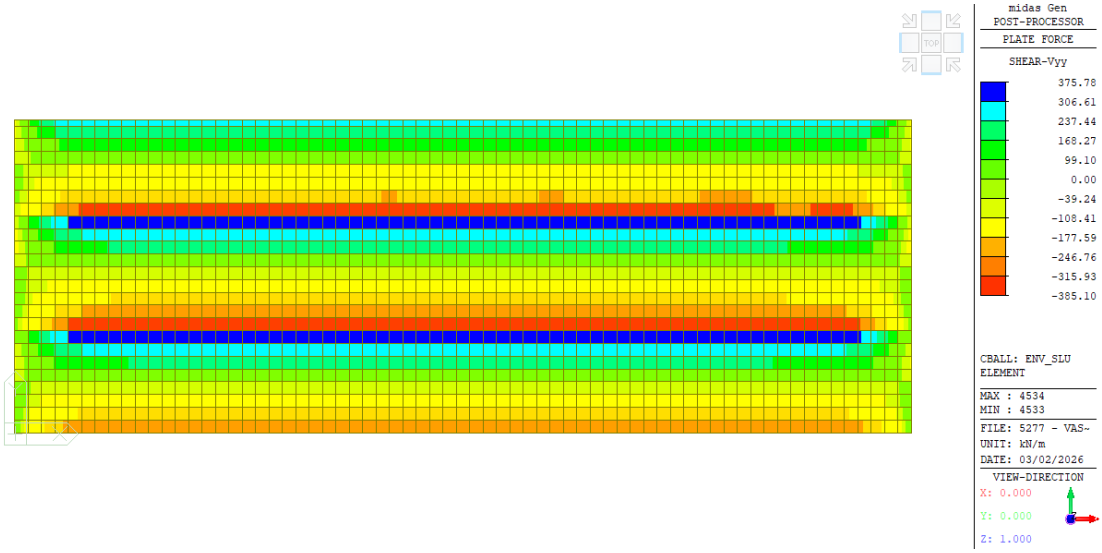
La sezione della soletta armata con barre nelle due direzioni, composta da:
Per la direzione X superiore: Ø16/20;
Per la direzione Y superiore: Ø16/20 con armatura aggiuntiva di Ø16/20;
Con un valore totale del momento flettente di M_{Rd} = 259.4 kNm

Per la direzione X inferiore: Ø16/20;
Per la direzione Y inferiore: Ø16/20 con armatura aggiuntiva di Ø16/20;
Con un valore totale del momento flettente di M_{Rd} = 259.4 kNm.

Verifica a taglio:



Inviluppo SLU azione di taglio Shear dir.X



Inviluppo SLU azione di taglio Shear dir.Y

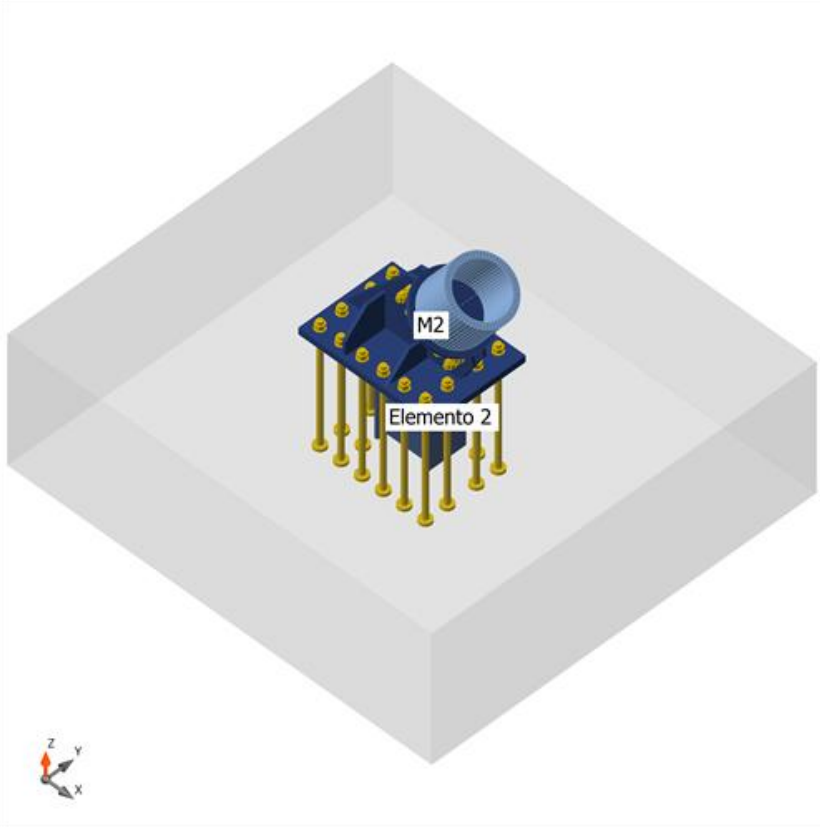
C35/45				
Verifica a taglio § 4.1.2.3.5.2				
b [mm]	h [mm]	δ [mm]	d [mm]	s_{st} [mm]
1000	400	50	350	200
α [°]	cotgα	sinα	ϕ_{st}	n° bracci
90	0.00	1.00	12	5
A_{sw} [mm^2]	$V_{Rsd} = V_{Rcd}$	TETHA	cotgθ (VRsd=VRcd)	cotgθ
565.49	-685.93		2.28	2.28
b_w [mm]	ν	Ned [kN]	σ_{cp} [N/mm^2]	α_c
1000	0.50		0.00	1.00
V_{ed} [kN]	V_{Rsd} [kN]		V_{Rcd} [kN]	
386	758.13		1444.06	
VERIFICATO				

La verifica è soddisfatta.

18. GIUNTI IN ACCIAIO

Elemento	Valore	Unità	Riferimento
Coefficiente di sicurezza γ_{M0}	1,05	-	EN 1993-1-1 – 6.1
Coefficiente di sicurezza γ_{M1}	1,05	-	EN 1993-1-1 – 6.1
Coefficiente di sicurezza γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1 – 6.1, EN 1993-1-8 – Tabella 2.1
Coefficiente di sicurezza γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8 – Tabella 2.1
Coefficiente di sicurezza γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1 – 2.4.2.4
Coefficiente di sicurezza γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4 – Tabella 4.1
Coefficiente unione βj	0,67	-	EN 1993-1-8 – 6.2.5(7)
Area effettiva - influenza della dimensione della mesh	0,10	-	
Coefficiente di attrito - calcestruzzo	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente di attrito in resistenza all'attrito	0,30	-	EN 1993-1-8 – Tabella 3.7
Deformazione plastica limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Dettagli costruttivi	Si		
Distanza tra i bulloni [d0]	2,20	-	EN 1993-1-8 – Tabella 3.3
Distanza tra i bulloni e il bordo [d0]	1,20	-	EN 1993-1-8 – Tabella 3.3
Resistenza a rottura conica del calcestruzzo	Nessuno		
Calcestruzzo fessurato	No		EN 1992-4
Verifica di deformazione locale	Si		
Limite di deformazione locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 – 1.1
Non linearità geometrica (GMNA)	Si		Grandi deformazioni per sezioni cave
Sistema controventato	No		EN 1993-1-8 – 5.2.2.5

18.1. Data hall – Piastra di base – Controvento in acciaio



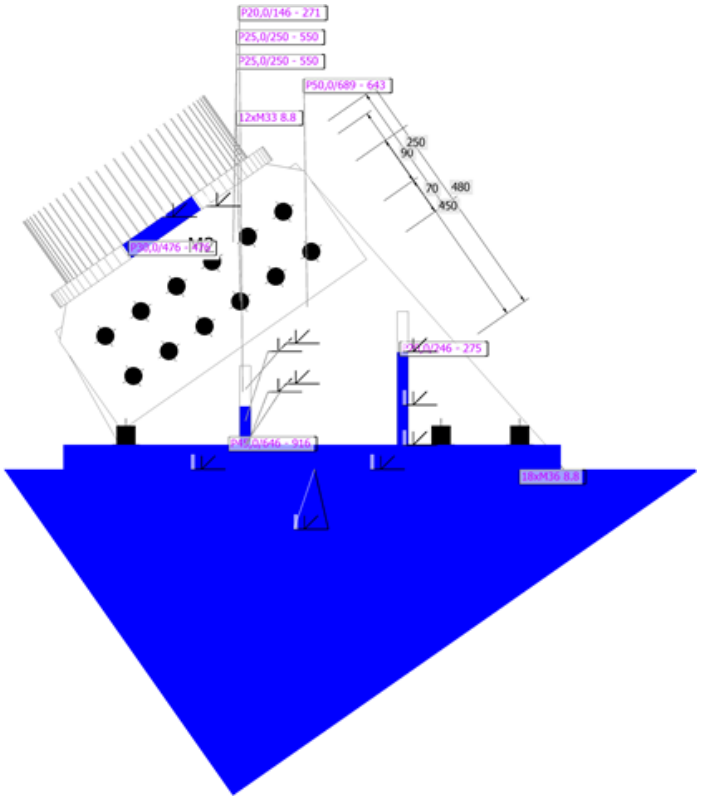
Membrature

Geometria

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - CHS406,4,40	0,0	55,0	0,0	0	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine		Posizione	0



Fazzoletto (CPL1a)

Sezioni

Nome	Materiale
2 - CHS406,4,40	S 355
6 - BoxFl310x(350/350)(BoxFl350x(280/280))	S 355

Ancoraggi / Bulloni

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M33 8.8	33	640,0	800,0	855
M36 8.8	36	640,0	800,0	1018

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M2 / Fine	4030,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE2	M2 / Fine	-4030,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Forze non equilibrate

Nome	X	Y	Z	Mx	My	Mz

	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
LE1	2311,5	0,0	3301,2	0,0	0,0	0,0
LE2	-2311,5	0,0	-3301,2	0,0	0,0	0,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	2646 x 2916	mm
Altezza	900	mm
Ancoraggio	M36 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	750	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ferro a taglio	
Sezione del ferro a taglio	BoxFI310x(350/350)(BoxFI350x(280/280))	
Lunghezza del ferro a taglio	600	mm

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,8 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,0 < 3%	OK
Bulloni	79,1 < 100%	OK
Ancoraggi	82,0 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	56,1 < 100%	OK
Taglio	68,0 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

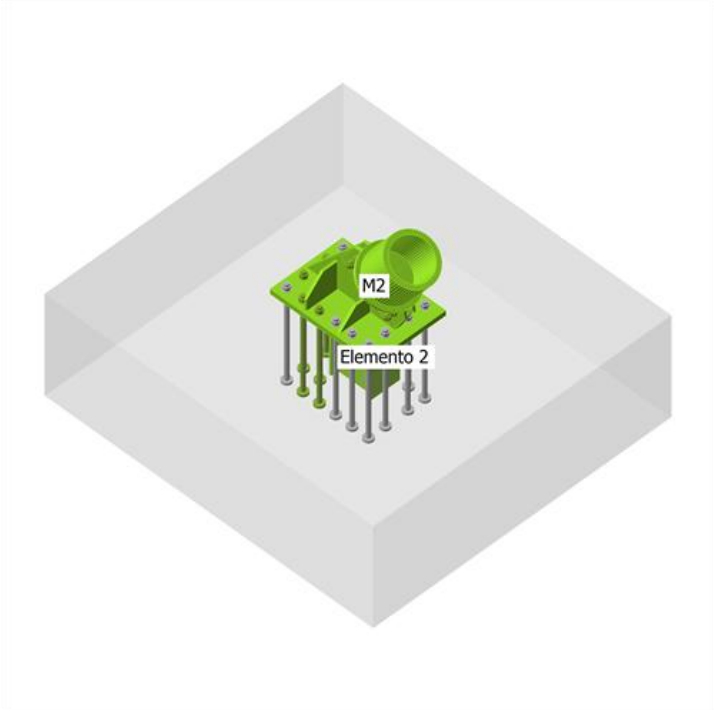
Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2	S 355	40,0	LE1	338,2	0,0	0,0	OK
Elemento 2-tfl 1	S 355	20,0	LE1	338,5	0,2	0,0	OK
Elemento 2-bfl 1	S 355	20,0	LE1	339,8	0,8	0,0	OK
Elemento 2-w 1	S 355	30,0	LE1	338,3	0,1	0,0	OK
Elemento 2-w 2	S 355	30,0	LE1	338,3	0,1	0,0	OK
BP1	S 355 - 1	45,0	LE1	319,5	0,2	0,0	OK
CPL1a	S 355 - 1	50,0	LE1	303,5	0,0	23,1	OK
CPL1b	S 355	30,0	LE2	288,0	0,0	0,0	OK
CPL1c	S 355	25,0	LE2	338,5	0,2	14,7	OK
CPL1d	S 355	25,0	LE2	338,5	0,2	14,7	OK
SP1	S 355	20,0	LE1	339,1	0,5	0,0	OK
SP2	S 355	20,0	LE1	339,1	0,5	0,0	OK
SP5	S 355	20,0	LE1	338,6	0,2	0,0	OK
SP6	S 355	20,0	LE1	338,6	0,2	0,0	OK

Dati Progetto

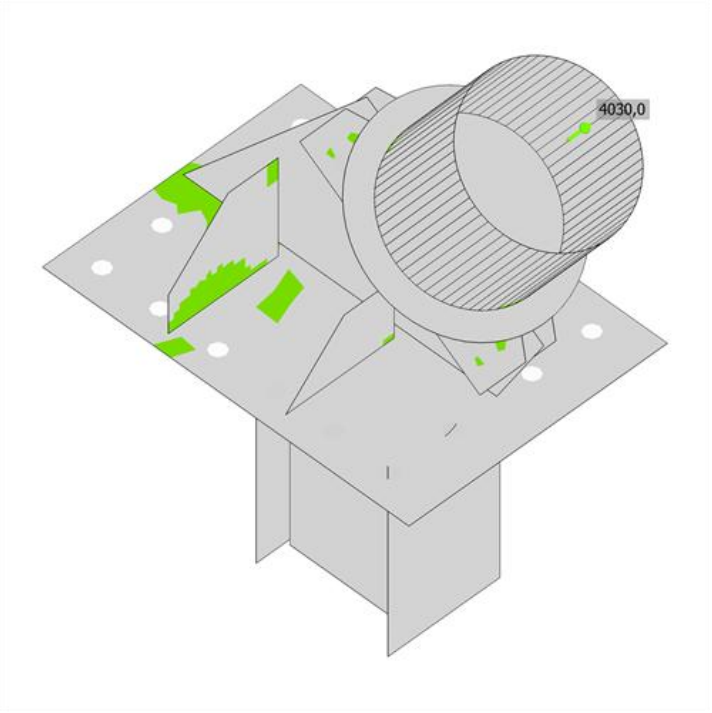
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0
S 355 - 1	335,0	5,0

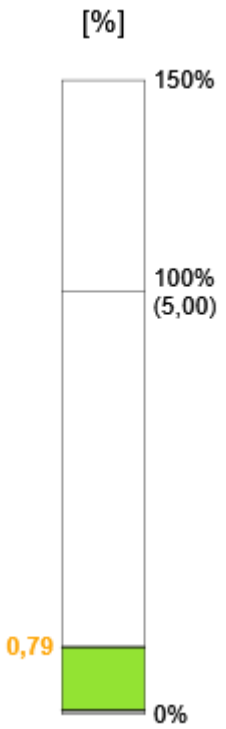
Deformazione loc.

Nome	d_0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Verifica Stato
M2	406	LE1	0	12	0,0	OK

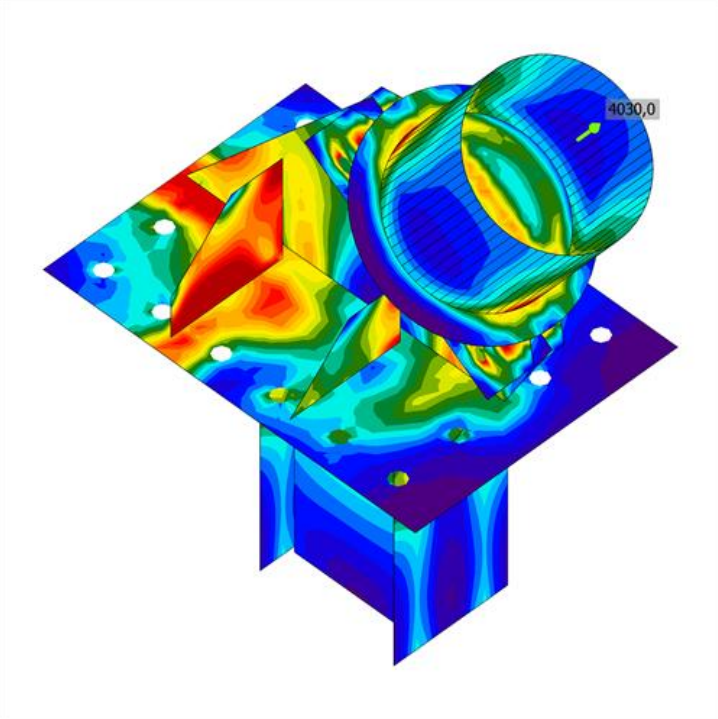


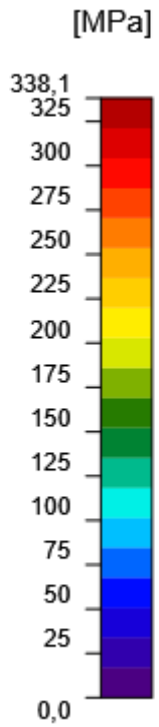
Verifica globale, LE1





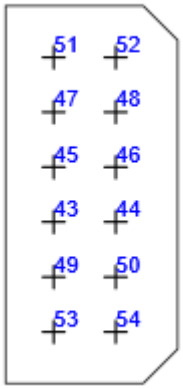
Verifica deformazione, LE1





Sforzo equivalente, LE1

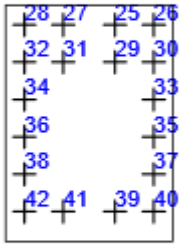
Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B43	M33 8.8 - 1	LE1	59,2	148,2	532,4	14,8	55,7	66,2	OK	OK
	B44	M33 8.8 - 1	LE1	3,5	157,8	507,1	0,9	62,2	59,8	OK	OK
	B45	M33 8.8 - 1	LE1	59,1	149,3	532,4	14,8	56,1	66,6	OK	OK
	B46	M33 8.8 - 1	LE1	3,5	158,4	507,1	0,9	62,5	60,1	OK	OK
	B47	M33 8.8 - 1	LE1	61,6	159,6	532,4	15,4	59,9	70,9	OK	OK
	B48	M33 8.8 - 1	LE1	1,0	170,3	507,1	0,2	67,1	64,1	OK	OK
	B49	M33 8.8 - 1	LE1	61,3	158,0	532,4	15,3	59,4	70,3	OK	OK
	B50	M33 8.8 - 1	LE1	1,1	169,4	507,1	0,3	66,8	63,8	OK	OK
	B51	M33 8.8 - 1	LE1	62,6	181,1	532,4	15,7	68,0	79,1	OK	OK
	B52	M33 8.8 - 1	LE1	0,0	191,4	507,1	0,0	75,5	71,8	OK	OK
	B53	M33 8.8 - 1	LE1	62,2	181,1	532,4	15,6	68,0	79,1	OK	OK
	B54	M33 8.8 - 1	LE1	0,0	191,9	507,1	0,0	75,7	72,0	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M33 8.8 - 1	399,7	973,2	266,5

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N_{Ed} [kN]	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Rd,cb}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A25	LE1	383,5	818,4	0,0	81,5	1,0	32,1	OK	OK
	A26	LE1	70,7	818,4	0,0	15,0	1,0	2,5	OK	OK
	A27	LE1	383,5	818,4	0,0	81,5	1,0	32,1	OK	OK
	A28	LE1	70,9	818,4	0,0	15,1	1,0	2,6	OK	OK
	A29	LE1	386,1	818,4	0,0	82,0	1,0	32,4	OK	OK
	A30	LE1	363,5	818,4	0,0	77,3	1,0	29,6	OK	OK
	A31	LE1	386,0	818,4	0,0	82,0	1,0	32,4	OK	OK
	A32	LE1	363,6	818,4	0,0	77,3	1,0	29,6	OK	OK
	A33	LE1	379,0	818,4	0,0	80,5	1,0	31,5	OK	OK
	A34	LE1	379,0	818,4	0,0	80,5	1,0	31,5	OK	OK
	A35	LE1	217,1	818,4	0,0	46,1	1,0	13,7	OK	OK
	A36	LE1	218,1	818,4	0,0	46,3	1,0	13,8	OK	OK
	A37	LE2	55,2	818,4	0,0	11,7	0,8	1,8	OK	OK
	A38	LE2	56,8	818,4	0,0	12,1	0,8	1,8	OK	OK
	A39	LE2	130,3	818,4	0,0	27,7	0,8	6,4	OK	OK
	A40	LE2	49,2	818,4	0,0	10,5	0,8	1,5	OK	OK
	A41	LE2	131,3	818,4	0,0	27,9	0,8	6,4	OK	OK
	A42	LE2	49,6	818,4	0,0	10,5	0,8	1,5	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M36 8.8 - 2	470,6	129,7

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Stato
CPL1b	CPL1c	-	450	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1b	CPL1d	-	450	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	SP5	-	271	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	Elemento 2-tfl 1	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	Elemento 2-bfl 1	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	Elemento 2-w 1	-	310	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	Elemento 2-w 2	-	310	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	CPL1a	-	785	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1a	SP1	-	246	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	SP1	-	275	-	-	-	-	-	-	-	-	OK

CPL1a	SP2	-	246	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	SP2	-	275	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1a	SP5	-	146	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1a	SP6	-	146	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
BP1	SP6	-	271	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1b	M2-arc 1	-	1151	-	-	-	-	-	-	-	-	OK

Dati Progetto

Materiale	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

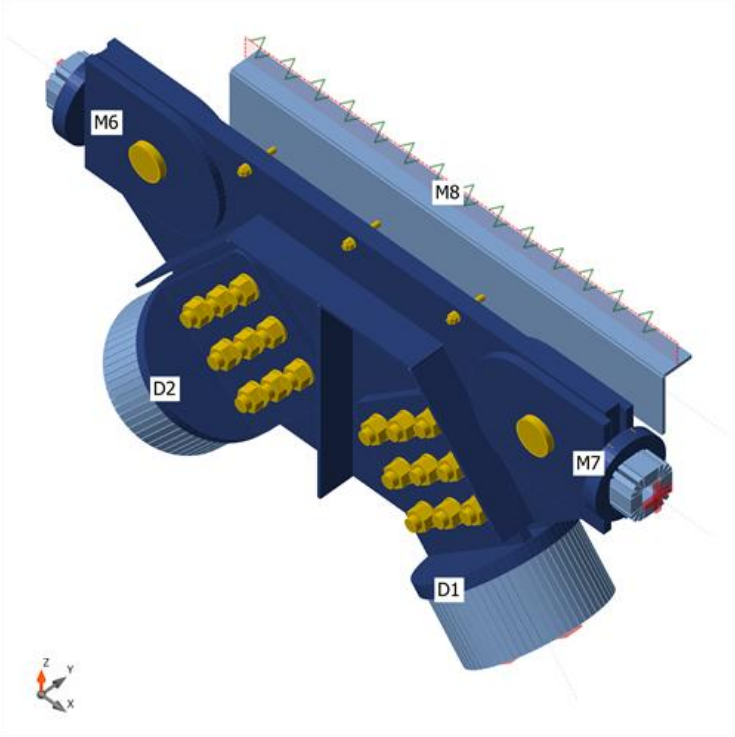
Blocco di calcestruzzo

Elemento	Carichi	c [mm]	A_{eff} [mm²]	σ [MPa]	k_j [-]	f_{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE1	68	14157	26,3	3,00	46,9	56,1	OK

Taglio nel piano di contatto

Nome	Carichi	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	U_t [%]	Stato
BP1	LE2	0,0	2293,6	2186,2	3630,7	3371,3	68,0	OK

18.2. Data hall - Piastra superiore – Controvento in acciaio



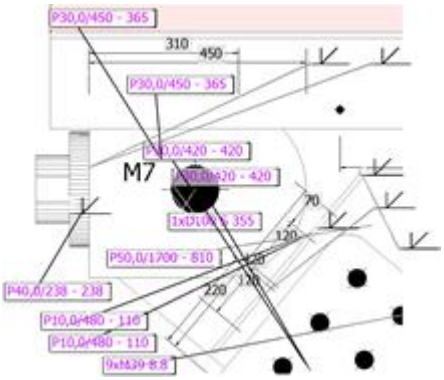
Membrature

Geometria

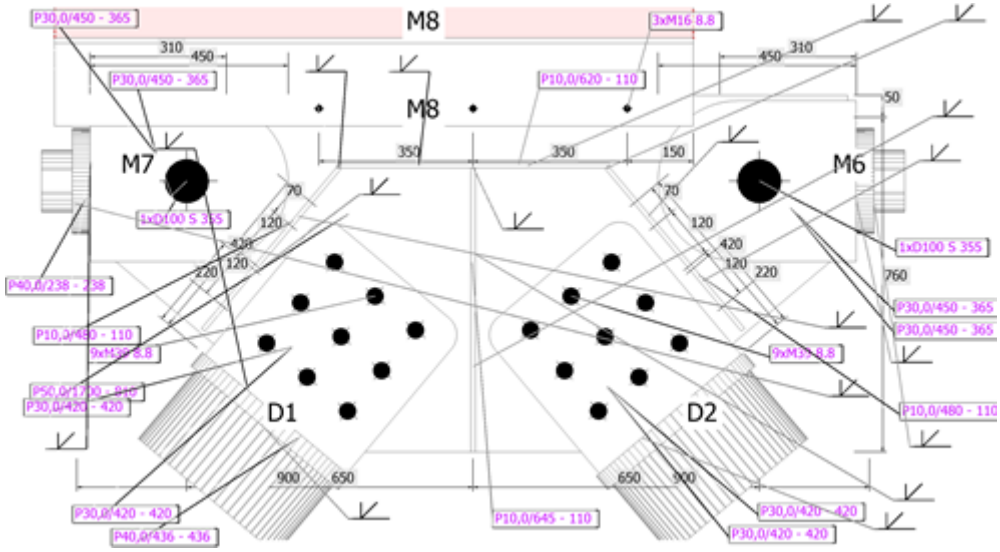
Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
D1	5 - CHS406,4,40	0,0	-50,0	0,0	500	0	-20
D2	5 - CHS406,4,40	180,0	-50,0	0,0	500	0	-20
M6	10 - RHS140x140	180,0	0,0	0,0	560	0	-35
M7	10 - RHS140x140	0,0	0,0	0,0	560	0	-35
M8	13 - L100/200(L100)	0,0	0,0	-90,0	-500	-220	86

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
D1 / fine	Mx-My-Mz	Nodo	0
D2 / fine	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
M6 / fine	Mx-My-Mz	Nodo	0
M7 / fine	Mx-My-Mz	Posizione	0
M8 / fine		Nodo	0



Piastra di connessione (CPL4c)



Piastra posizionata in maniera generica (SP1)

Vincolo Latero-Torsionale

Piastra	Vincolo torsionale C_θ [kNm/m]	Vincolo laterale S_i [kN]
M8-w 1	Libero	Rigido

Sezioni

Nome	Materiale
5 - CHS406,4,40	S 355
10 - RHS140x140	S 355
13 - L100/200(L100)	S 355

Bulloni / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm^2]
M39 8.8	39	640,0	800,0	1195

D100 S 355	100	355,0	490,0	7854
M16 8.8	16	640,0	800,0	201

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	D1 / Fine	-4030,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M6 / Fine	-2180,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M7 / Fine	2180,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M8 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Forze non equilibrate

Nome	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	1769,6	0,0	3087,2	0,0	-72,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	1,6 < 5,0%	OK
Bulloni	99,3 < 100%	OK
Cerniere	91,1 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	
GMNA	Calcolato	

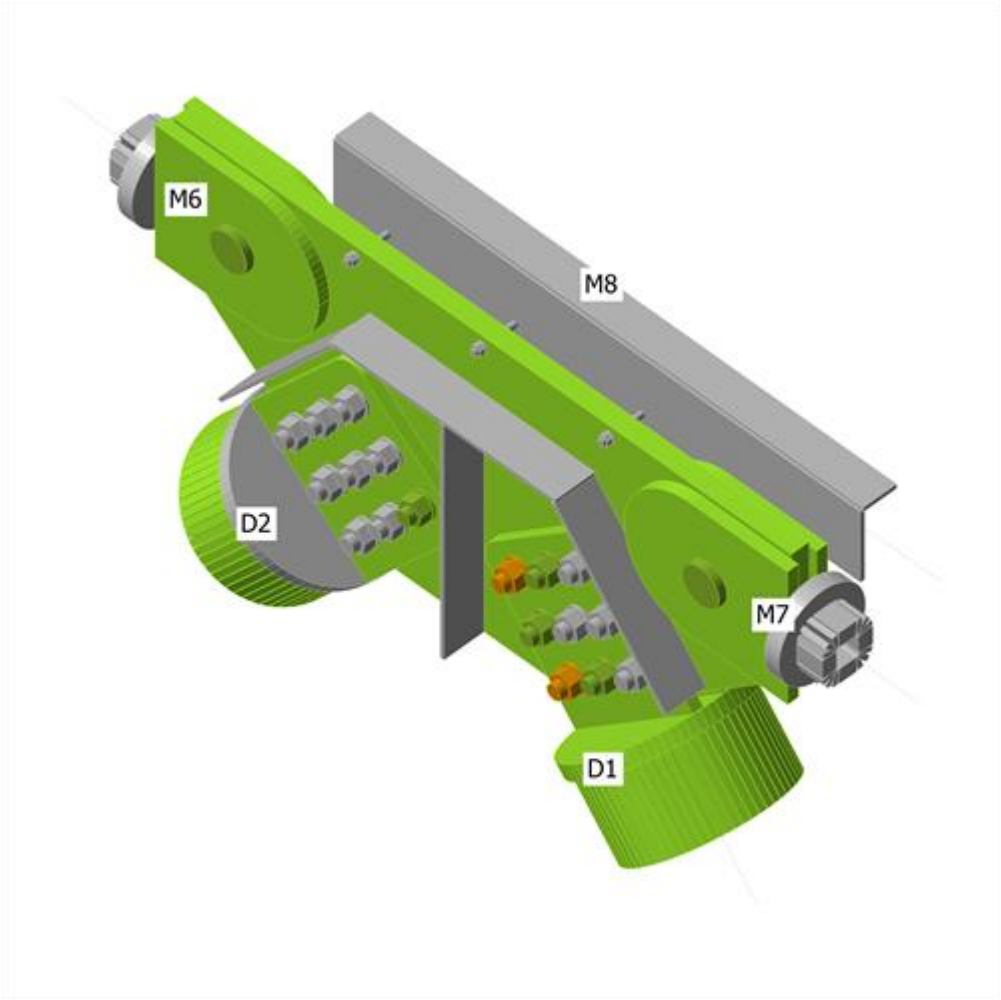
Piastre

Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
D1	S 355	40,0	LE1	338,9	0,4	0,0	OK
D2	S 355	40,0	LE1	338,2	0,1	0,0	OK
M6	S 355	40,0	LE1	233,3	0,0	0,0	OK
M7	S 355	40,0	LE1	233,4	0,0	0,0	OK
M8-bfl 1	S 355	12,0	LE1	30,4	0,0	0,0	OK
M8-w 1	S 355	12,0	LE1	5,0	0,0	0,0	OK
SP1	S 355 - 1	50,0	LE1	319,4	0,2	24,6	OK
CPL1a	S 355	40,0	LE1	338,2	0,1	0,0	OK
CPL1b	S 355	30,0	LE1	341,3	1,5	31,4	OK
CPL1c	S 355	30,0	LE1	341,4	1,6	31,5	OK
CPL2a	S 355	40,0	LE1	237,4	0,0	0,0	OK
CPL2b	S 355	30,0	LE1	338,6	0,2	14,9	OK
CPL2c	S 355	30,0	LE1	338,5	0,2	14,9	OK
CPL3a	S 355	40,0	LE1	152,0	0,0	0,0	OK
CPL3b	S 355	30,0	LE1	338,5	0,2	2,2	OK
CPL3c	S 355	30,0	LE1	338,5	0,2	2,2	OK
CPL4a	S 355	40,0	LE1	173,1	0,0	0,0	OK
CPL4b	S 355	30,0	LE1	302,1	0,0	2,4	OK
CPL4c	S 355	30,0	LE1	302,0	0,0	2,6	OK
SP2	S 355	10,0	LE1	93,8	0,0	0,0	OK
SP3	S 355	10,0	LE1	66,6	0,0	0,0	OK
SP4	S 355	10,0	LE1	43,5	0,0	0,0	OK
SP5	S 355	10,0	LE1	29,4	0,0	0,0	OK
SP6	S 355	10,0	LE1	94,5	0,0	0,0	OK

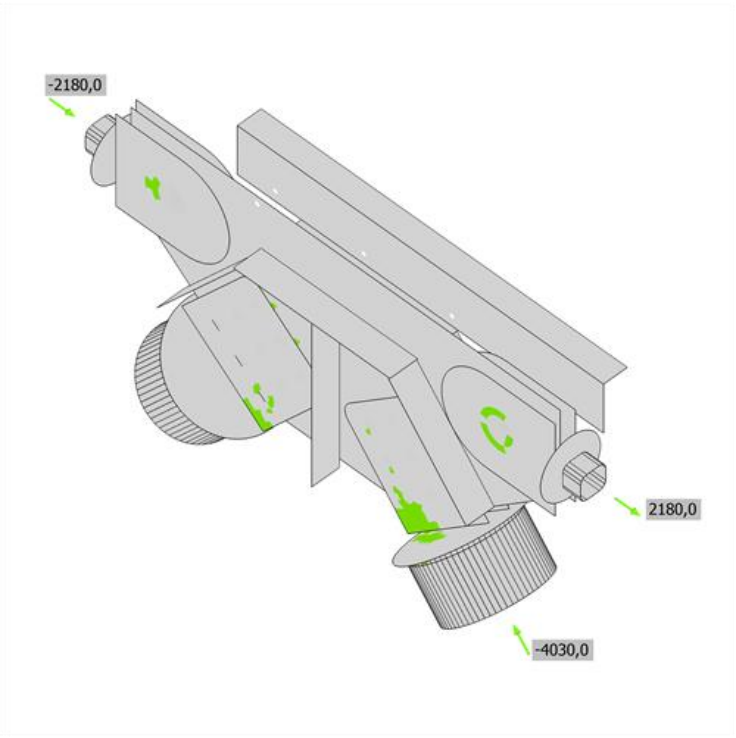
SP7	S 355	10,0	LE1	66,8	0,0	0,0	OK
SP8	S 355	10,0	LE1	44,1	0,0	0,0	OK
SP9	S 355	10,0	LE1	29,2	0,0	0,0	OK

Dati Progetto

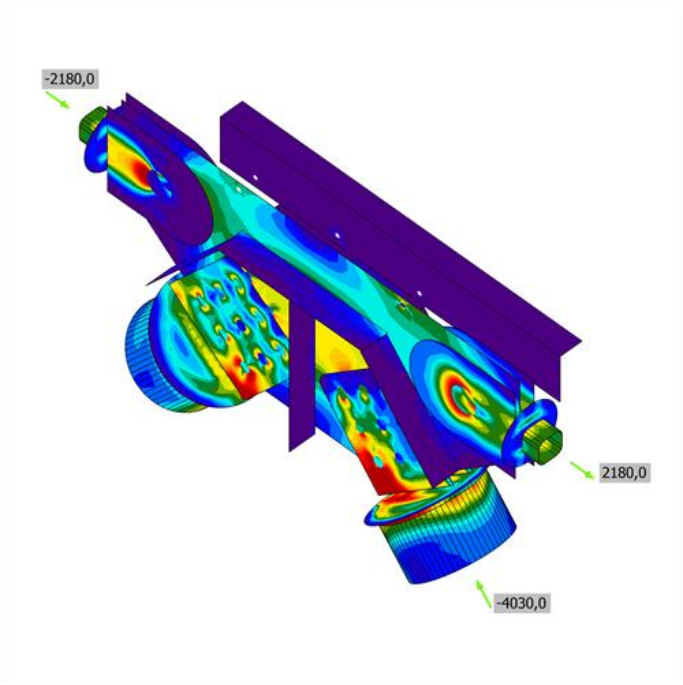
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0
S 355 - 1	335,0	5,0



Verifica globale, LE1

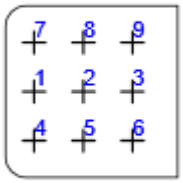
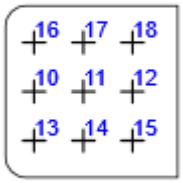
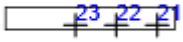


Verifica deformazione, LE1



Sforzo equivalente, LE1

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B1	M39 8.8 - 1	LE1	11,9	238,6	1911,0	2,1	63,7	65,2	OK	OK
	B2	M39 8.8 - 1	LE1	12,3	208,3	1234,9	2,2	55,6	57,1	OK	OK
	B3	M39 8.8 - 1	LE1	4,0	235,9	1911,0	0,7	62,9	63,4	OK	OK
	B4	M39 8.8 - 1	LE1	5,9	151,1	1911,0	1,1	40,3	41,1	OK	OK
	B5	M39 8.8 - 1	LE1	9,3	116,6	1234,9	1,7	31,1	32,3	OK	OK
	B6	M39 8.8 - 1	LE1	8,5	148,3	889,8	1,5	39,6	40,6	OK	OK
	B7	M39 8.8 - 1	LE1	23,9	349,4	740,9	4,2	93,2	96,3	OK	OK
	B8	M39 8.8 - 1	LE1	20,2	332,5	1234,9	3,6	88,7	91,3	OK	OK
	B9	M39 8.8 - 1	LE1	17,5	364,0	1234,9	3,1	97,1	99,3	OK	OK
	B10	M39 8.8 - 1	LE1	62,3	187,7	586,0	11,1	50,1	58,0	OK	OK
	B11	M39 8.8 - 1	LE1	2,4	183,1	1234,9	0,4	48,8	49,1	OK	OK
	B12	M39 8.8 - 1	LE1	21,2	186,4	1104,4	3,8	49,7	52,4	OK	OK
	B13	M39 8.8 - 1	LE1	57,2	212,5	586,0	10,2	56,7	64,0	OK	OK
	B14	M39 8.8 - 1	LE1	4,0	206,3	1234,9	0,7	55,0	55,5	OK	OK
	B15	M39 8.8 - 1	LE1	15,7	212,6	1107,7	2,8	56,7	58,7	OK	OK
	B16	M39 8.8 - 1	LE1	62,0	195,2	586,0	11,0	52,1	59,9	OK	OK
	B17	M39 8.8 - 1	LE1	3,9	195,7	1234,9	0,7	52,2	52,7	OK	OK
	B18	M39 8.8 - 1	LE1	20,1	202,9	1101,2	3,6	54,1	56,7	OK	OK
	B21	M16 8.8 - 2	LE1	0,0	0,6	183,0	0,0	0,9	0,9	OK	OK
	B22	M16 8.8 - 2	LE1	0,0	2,4	188,2	0,0	4,0	4,0	OK	OK
	B23	M16 8.8 - 2	LE1	0,0	1,9	188,2	0,0	3,1	3,1	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M39 8.8 - 1	562,2	1401,4	374,8
M16 8.8 - 2	90,4	225,0	60,3

Bulloni: B21, B22, B23 C'è uno spazio tra le piastre collegate. La flessione dei bulloni in questo modello numerico non è considerata e le piastre non sono bloccate. Le resistenze a taglio dei bulloni e delle piastre in bearing fornite potrebbero non essere corrette.

Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P19	D100 S	LE1	1090,0	30,0	1847,3	2392,9	49,8	91,1	60,2	71,1	OK	OK

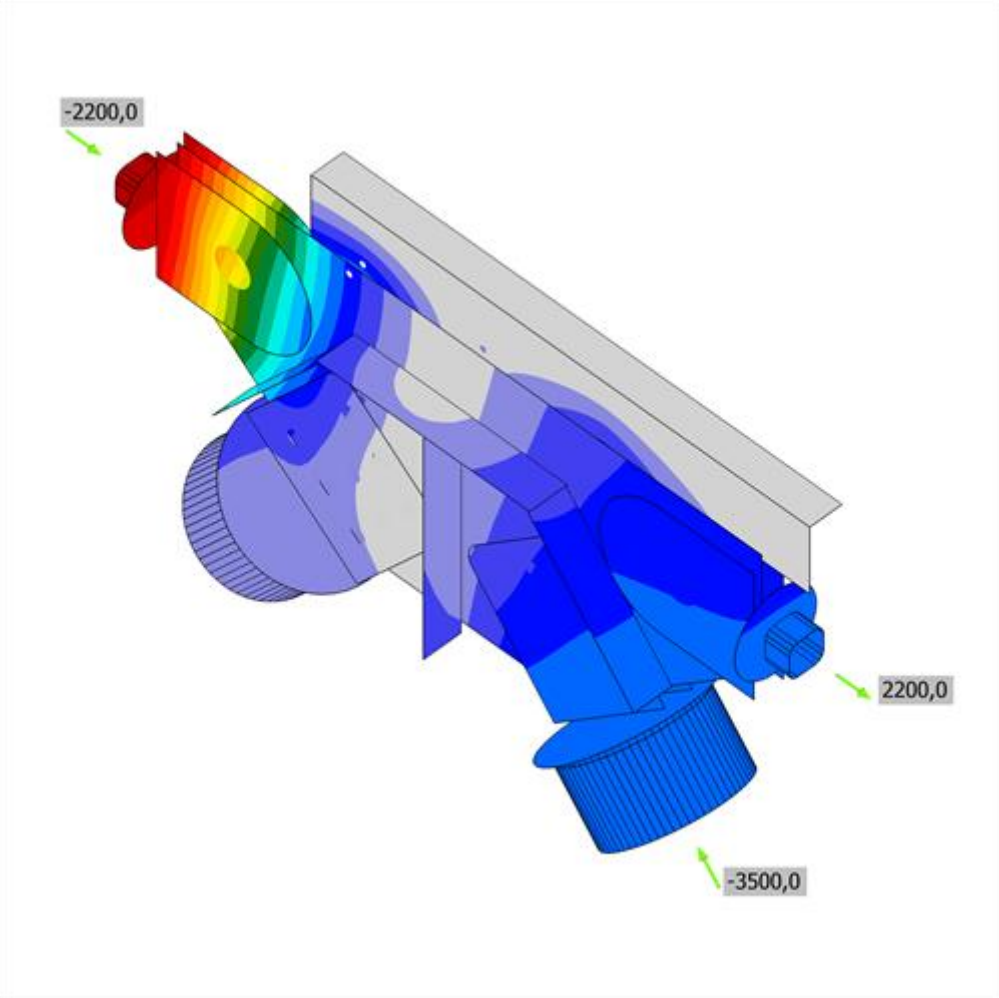
	355											
P20	D100 S 355	LE1	1090,0	30,0	1847,3	2392,9	49,8	91,1	60,2	71,1	OK	OK

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Stato
CPL1a	CPL1b	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1a	CPL1c	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL2a	CPL2b	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL2a	CPL2c	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL3a	CPL3b	-	224	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL3a	CPL3c	-	224	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL4a	CPL4b	-	224	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL4a	CPL4c	-	224	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP2	-	620	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP4	-	480	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP5	-	645	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP2	SP5	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP6	-	620	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP7	-	480	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP8	-	480	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP9	-	645	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP1	SP3	-	480	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP6	SP9	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP6	SP7	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP6	SP8	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP2	SP4	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
SP2	SP3	-	110	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL1a	D1-arc 1	-	1151	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL2a	D2-arc 1	-	1151	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL3a	M6-w 1	-	355	-	-	-	-	-	-	-	-	OK
CPL4a	M7-w 1	-	355	-	-	-	-	-	-	-	-	OK

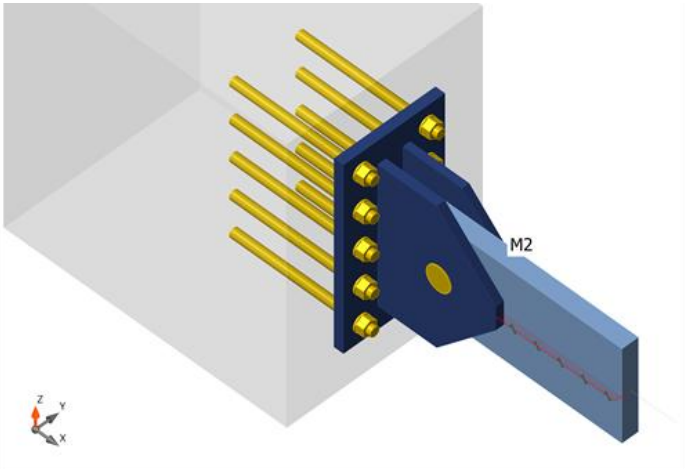
Stabilità

Carichi	Forma	Fattore [-]
LE1	1	11,60
	2	14,81
	3	21,53
	4	26,05
	5	36,95
	6	51,93



Forma del primo modo di buckling, LE1

18.3. Data hall - Piastra per travi – Controvento in acciaio



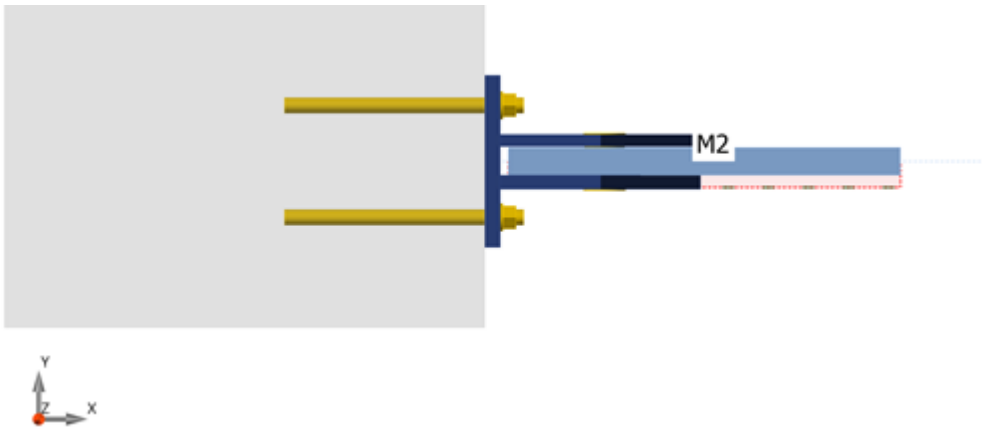
Membrature

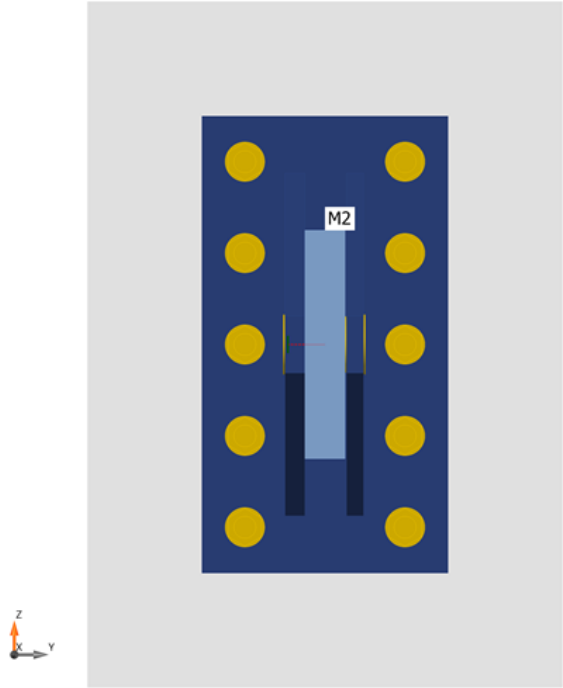
Geometria

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - FLA400/70	0,0	0,0	90,0	0	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine		Bulloni	260





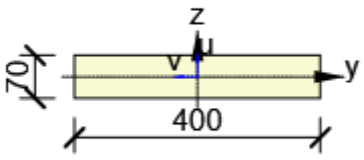
Vincolo Latero-Torsionale

Piastra	Vincolo torsionale C_θ [kNm/m]	Vincolo laterale S_i [kN]
M2-bfl 1	Libero	Rigido

Sezioni

Nome	Materiale
2 - FLA400/70	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
2 - FLA400/70	S 355	

Ancoraggi / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M39 8.8	39	640,0	800,0	1195
D100 S 355	100	355,0	490,0	7854

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M2 / Fine	0,0	2080,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	830 x 1200	mm
Altezza	1200	mm
Ancoraggio	M39 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	500	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ancoraggi	

Verifica

Riassunto

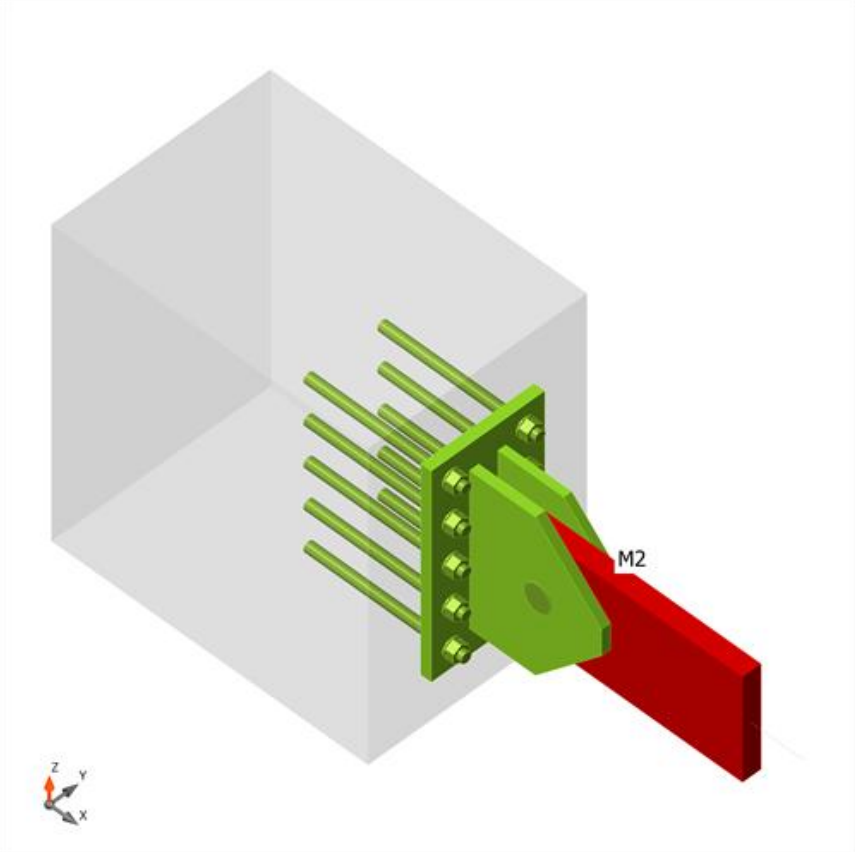
Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	162,3 > 5,0%	Non OK!
Cerniere	85,1 < 100%	OK
Ancoraggi	83,6 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	47,4 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2-bfl 1	S 355	70,0	LE1	660,1	162,3	1,4	Non OK!
PB1	S 355 - 1	40,0	LE1	338,3	0,1	0,0	OK
SP1	S 355 - 1	30,0	LE1	338,5	0,2	0,0	OK
SP2	S 355 - 1	35,0	LE1	338,5	0,2	0,5	OK

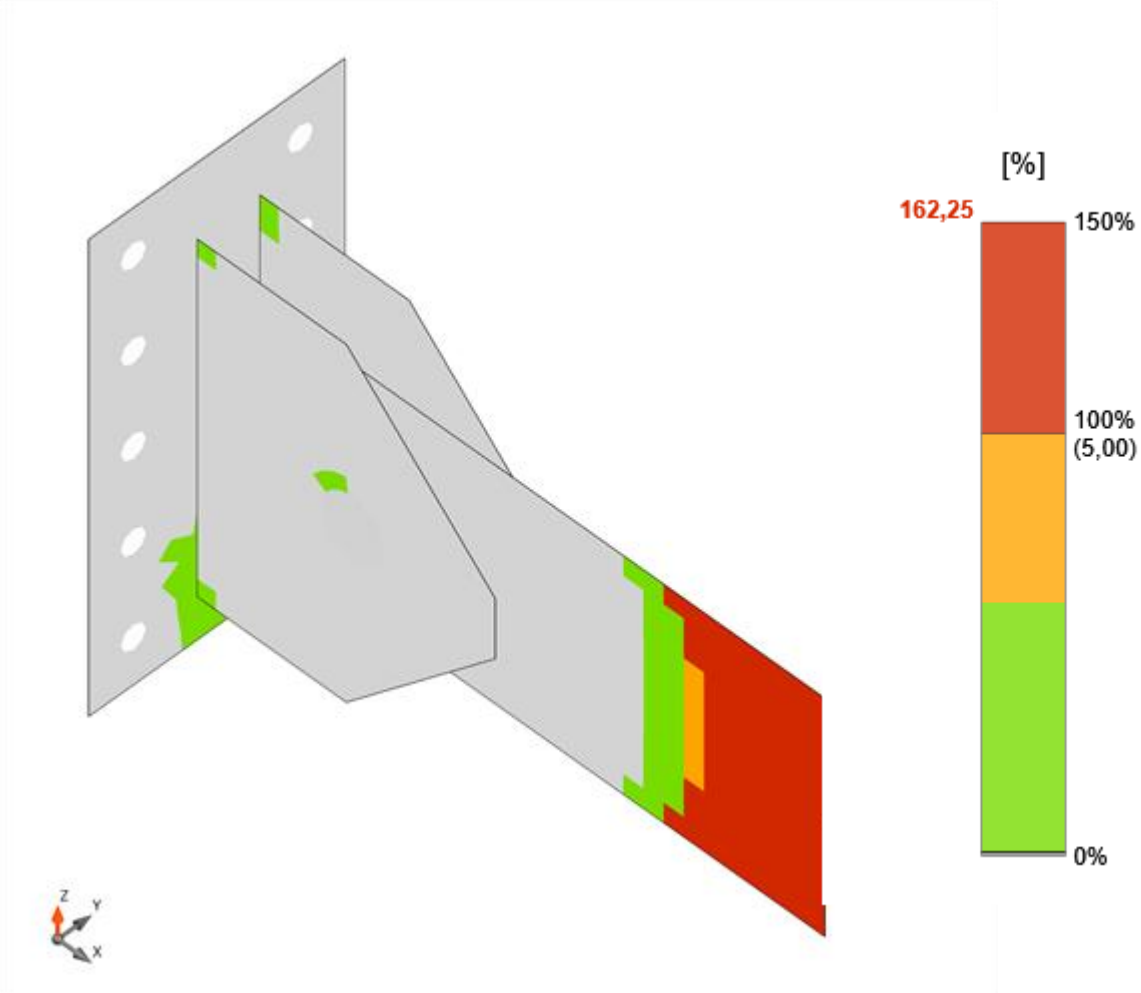
Dati Progetto

Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	335,0	5,0
S 355 - 1	355,0	5,0

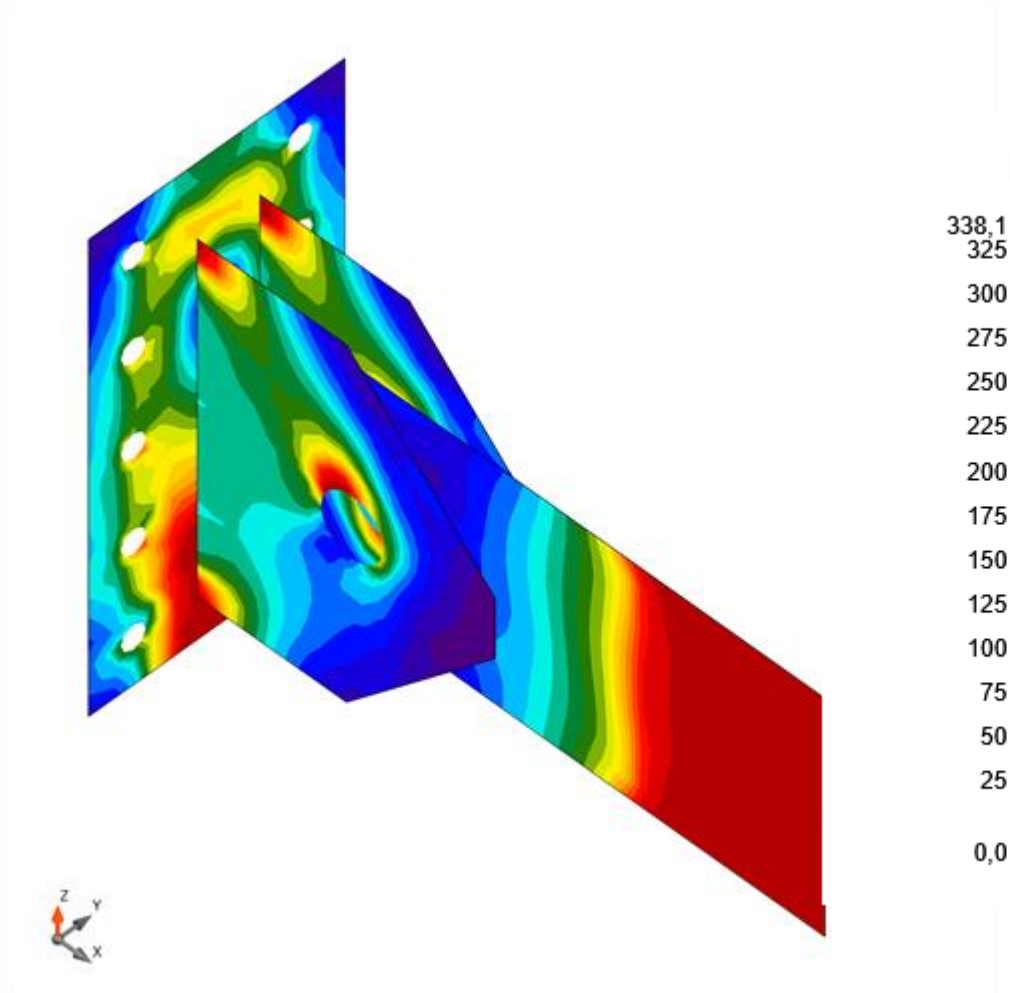


Verifica globale, LE1

L'ELEMENTO ROSSO È UN ELEMENTO FITTIZIO UTILIZZATO ESCLUSIVAMENTE PER APPLICARE IL CARICO AL GIUNTO. NON RAPPRESENTA UNA COMPONENTE STRUTTURALE REALE!



Verifica deformazione, LE1

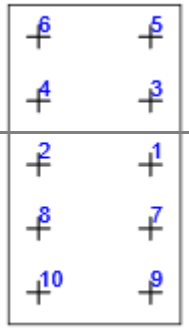


Sforzo equivalente, LE1

Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P11	D100 S 355	LE1	1040,0	36,4	1847,3	1521,4	49,8	68,4	73,1	85,1	OK	OK

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A1	LE1	76,5	208,6	14,7	66,8	46,8	OK	OK
	A2	LE1	75,7	208,8	14,5	66,8	46,8	OK	OK
	A3	LE1	0,0	210,7	0,0	67,5	45,5	OK	OK
	A4	LE1	0,0	210,8	0,0	67,5	45,6	OK	OK
	A5	LE1	0,0	212,2	0,0	68,0	46,2	OK	OK
	A6	LE1	0,0	212,1	0,0	67,9	46,1	OK	OK
	A7	LE1	217,8	206,1	41,8	66,0	61,0	OK	OK

	A8	LE1	218,5	206,0	42,0	66,0	61,1	OK	OK
	A9	LE1	335,4	202,5	64,4	64,8	83,6	OK	OK
	A10	LE1	332,9	202,3	64,0	64,8	82,9	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M39 8.8 - 1	520,5	312,3

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
PB1	SP1	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
PB1	SP2	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

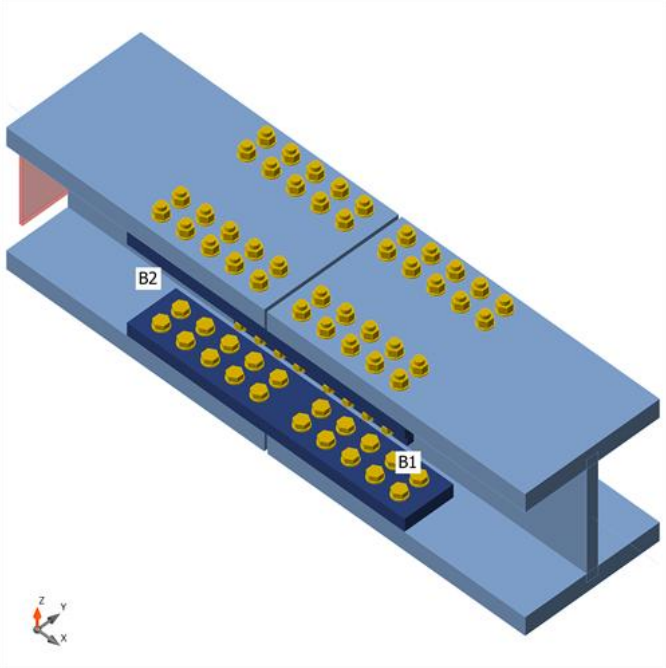
Dati Progetto

Materiale	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

Blocco di calcestruzzo

Elemento	Carichi	c [mm]	A_{eff} [mm²]	σ [MPa]	k_j [-]	f_{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE1	65	63926	20,5	2,77	43,3	47,4	OK

18.4. Gantry di copertura - data hall- tipo 1



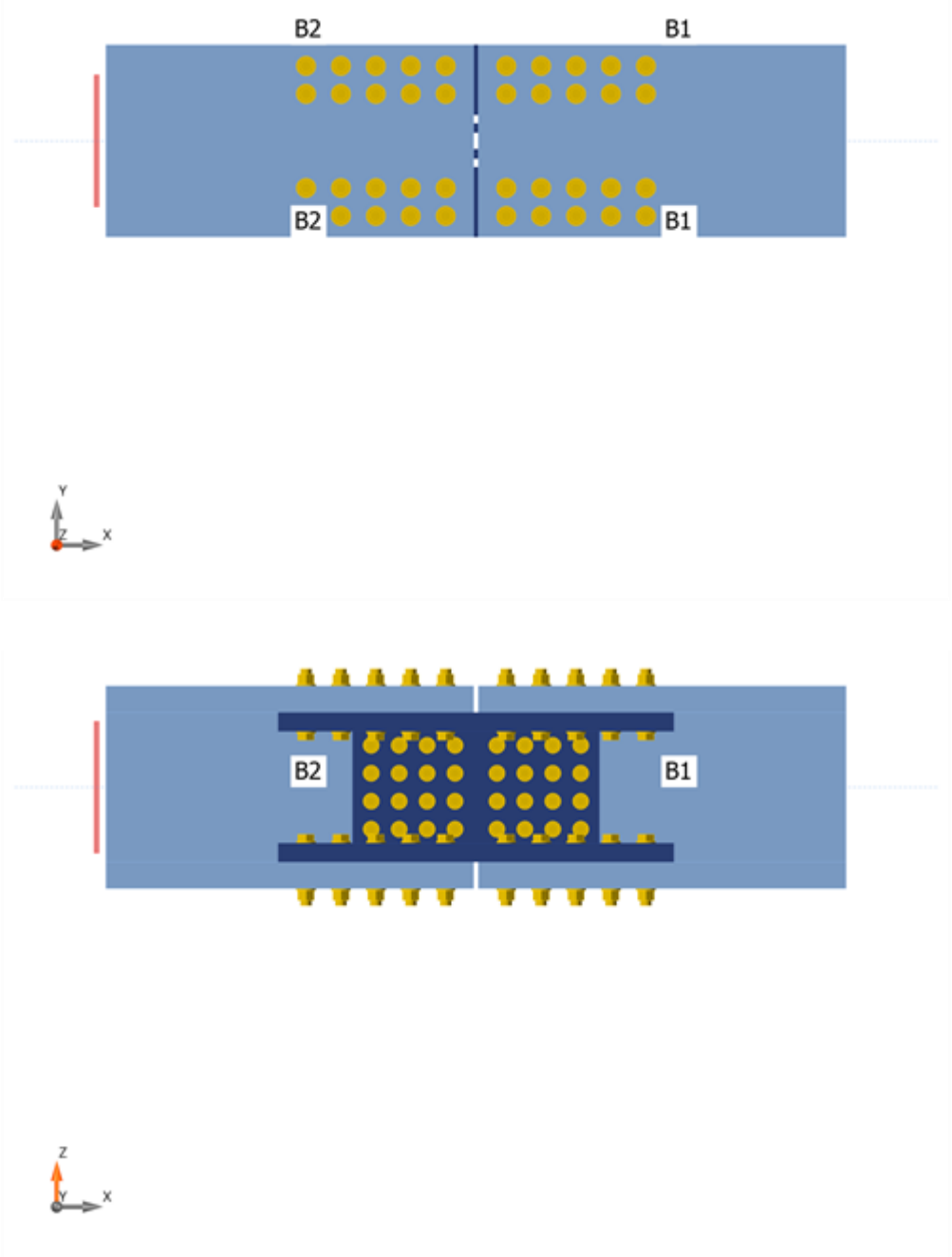
Membrature

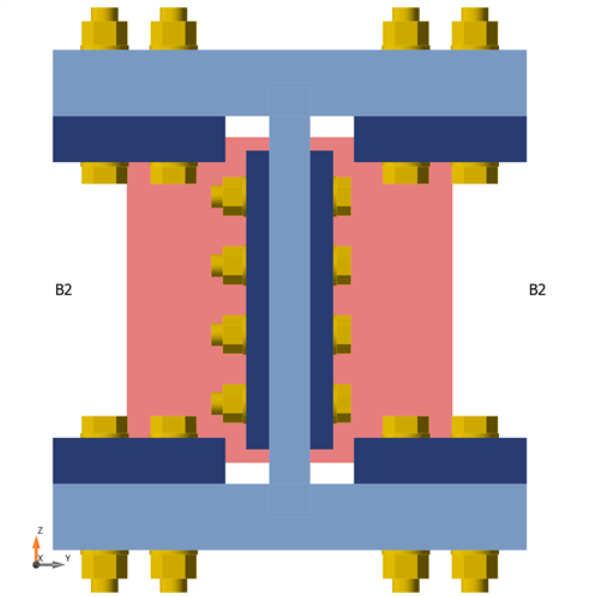
Geometria

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
B1	1 - HD400/463	0,0	0,0	0,0	0	0	0
B2	1 - HD400/463	-180,0	0,0	0,0	0	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
B1 / fine		Bulloni	198
B2 / fine	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Bulloni	198

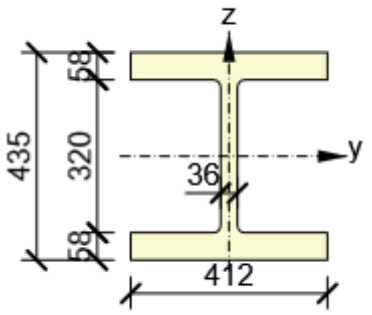

B2
B1
B2
B1
Y
Z
X
B2
B1
Z
Y
X



Sezioni

Nome	Materiale
1 - HD400/463	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
1 - HD400/463	S 355	

Bulloni

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M24 8.8	24	640,0	800,0	452
M20 8.8	20	640,0	800,0	314

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B1 / Fine	-1200,0	0,0	-900,0	0,0	-900,0	0,0
	B2 / Fine	-1200,0	0,0	900,0	0,0	-900,0	0,0
LE2	B1 / Fine	1200,0	0,0	-900,0	0,0	-900,0	0,0
	B2 / Fine	1200,0	0,0	900,0	0,0	-900,0	0,0

Forze non equilibrate

Nome	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	0,0	0,0	0,0	0,0	355,7	0,0
LE2	0,0	0,0	0,0	0,0	355,7	0,0

Verifica

Riassunto

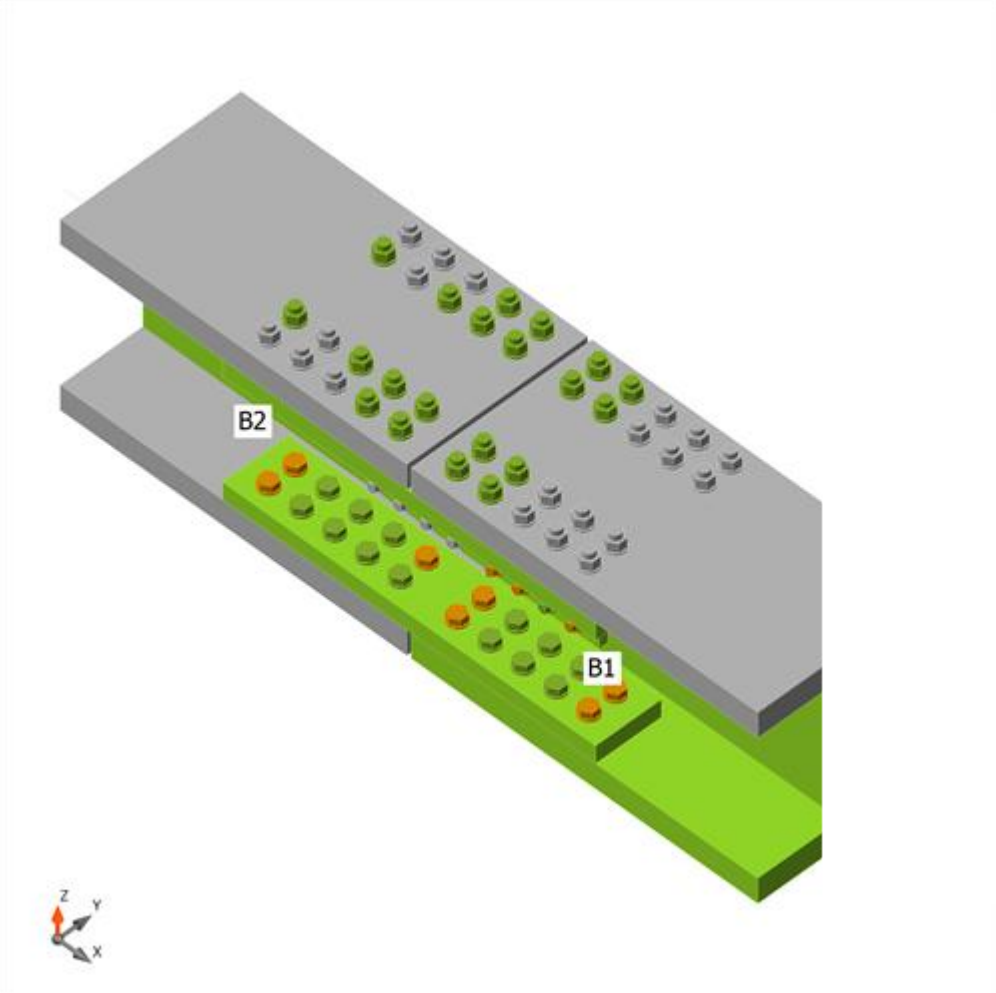
Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	2,0 < 5,0%	OK
Bulloni	99,4 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

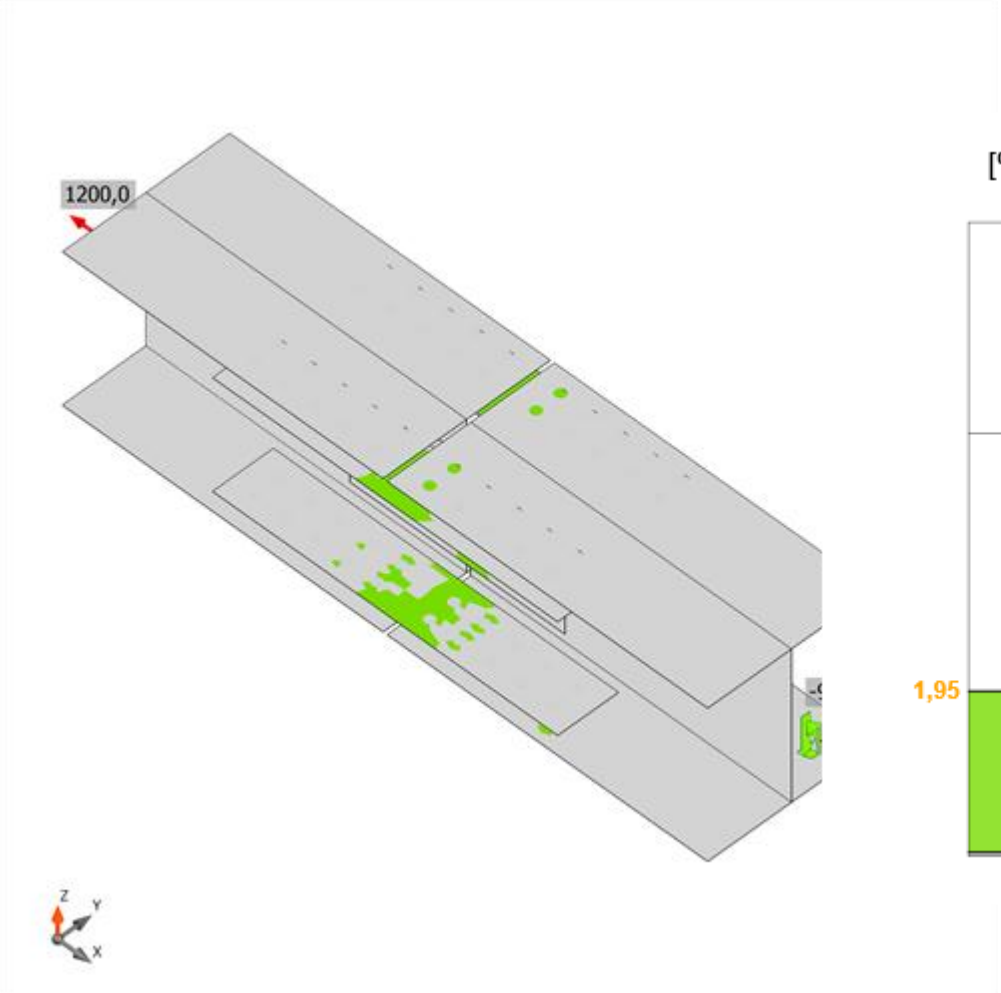
Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
B1-bfl 1	S 355	57,5	LE2	287,0	0,0	14,4	OK
B1-tfl 1	S 355	57,5	LE1	192,2	0,0	113,9	OK
B1-w 1	S 355 - 1	35,5	LE2	331,9	0,0	14,1	OK
B2-bfl 1	S 355	57,5	LE2	283,7	0,0	27,5	OK
B2-tfl 1	S 355	57,5	LE1	310,5	0,0	14,6	OK
B2-w 1	S 355 - 1	35,5	LE2	322,9	0,0	8,4	OK
GNT1	S 355 - 1	40,0	LE1	338,7	0,3	72,0	OK
GNT2	S 355 - 1	40,0	LE2	342,2	1,9	40,2	OK
GNT3a	S 355 - 1	20,0	LE2	339,8	0,8	15,0	OK
GNT3b	S 355 - 1	20,0	LE2	339,8	0,8	14,9	OK
GNT4	S 355 - 1	40,0	LE1	338,7	0,3	67,4	OK
GNT5	S 355 - 1	40,0	LE2	342,2	2,0	32,8	OK

Dati Progetto

Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	335,0	5,0
S 355 - 1	355,0	5,0



Verifica globale, LE2



Verifica deformazione, LE2

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B1	M24 8.8 - 1	LE1	39,8	112,2	576,1	19,6	82,8	96,7	OK	OK
	B2	M24 8.8 - 1	LE1	32,1	116,4	409,9	15,8	85,9	97,2	OK	OK
	B3	M24 8.8 - 1	LE1	5,3	118,3	409,9	2,6	87,3	89,2	OK	OK
	B4	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	116,2	409,9	0,0	85,7	85,7	OK	OK
	B5	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	119,1	409,9	0,0	87,8	87,8	OK	OK
	B6	M24 8.8 - 1	LE1	41,4	111,3	576,1	20,3	82,1	96,6	OK	OK
	B7	M24 8.8 - 1	LE1	38,8	112,5	409,9	19,1	83,0	96,6	OK	OK
	B8	M24 8.8 - 1	LE1	14,0	119,8	409,9	6,9	88,4	93,3	OK	OK

	B9	M24 8.8 - 1	LE1	2,0	118,3	409,9	1,0	87,3	88,0	OK	OK
	B10	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	120,9	409,9	0,0	89,2	89,2	OK	OK
	B11	M24 8.8 - 1	LE1	58,1	101,6	576,1	28,6	74,9	95,3	OK	OK
	B12	M24 8.8 - 1	LE1	27,1	119,3	409,9	13,3	88,0	97,6	OK	OK
	B13	M24 8.8 - 1	LE1	2,1	122,4	409,9	1,1	90,3	91,0	OK	OK
	B14	M24 8.8 - 1	LE1	0,9	122,5	409,9	0,4	90,4	90,7	OK	OK
	B15	M24 8.8 - 1	LE1	0,5	125,7	409,9	0,2	92,7	92,9	OK	OK
	B16	M24 8.8 - 1	LE1	84,2	87,4	576,1	41,4	64,5	94,0	OK	OK
	B17	M24 8.8 - 1	LE1	55,0	103,2	409,9	27,0	76,1	95,4	OK	OK
	B18	M24 8.8 - 1	LE1	17,8	124,9	409,9	8,7	92,1	98,4	OK	OK
	B19	M24 8.8 - 1	LE1	1,7	128,1	409,9	0,8	94,5	95,1	OK	OK
	B20	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	130,3	409,9	0,0	96,1	96,1	OK	OK
	B21	M24 8.8 - 1	LE2	34,3	115,4	409,9	16,9	85,1	97,2	OK	OK
	B22	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,3	409,9	0,0	91,7	91,7	OK	OK
	B23	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	118,3	409,9	0,0	87,3	87,3	OK	OK
	B24	M24 8.8 - 1	LE2	1,3	116,9	409,9	0,6	86,2	86,6	OK	OK
	B25	M24 8.8 - 1	LE2	40,7	111,3	443,1	20,0	82,1	96,4	OK	OK
	B26	M24 8.8 - 1	LE2	40,8	111,7	409,9	20,1	82,4	96,8	OK	OK
	B27	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	128,5	409,9	0,0	94,8	94,8	OK	OK
	B28	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	122,6	409,9	0,0	90,5	90,5	OK	OK
	B29	M24 8.8 - 1	LE2	8,5	120,5	409,9	4,2	88,9	91,9	OK	OK
	B30	M24 8.8 - 1	LE2	49,3	106,3	443,1	24,3	78,4	95,7	OK	OK
	B31	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,9	409,9	0,0	92,1	92,1	OK	OK
	B32	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	117,0	409,9	0,0	86,3	86,3	OK	OK
	B33	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	113,4	409,9	0,0	83,6	83,6	OK	OK
	B34	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	111,9	409,9	0,0	82,6	82,6	OK	OK
	B35	M24 8.8 - 1	LE2	40,9	111,1	443,1	20,1	82,0	96,3	OK	OK
	B36	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	131,1	409,9	0,0	96,7	96,7	OK	OK
	B37	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,4	409,9	0,0	91,8	91,8	OK	OK
	B38	M24 8.8 - 1	LE2	2,2	120,3	409,9	1,1	88,8	89,5	OK	OK
	B39	M24 8.8 - 1	LE2	10,4	117,6	409,9	5,1	86,8	90,4	OK	OK
	B40	M24 8.8 - 1	LE2	52,7	104,2	443,1	25,9	76,9	95,4	OK	OK
	B41	M20 8.8 - 2	LE2	8,3	89,1	430,3	5,9	94,7	99,0	OK	OK
	B42	M20 8.8 - 2	LE2	9,4	86,6	300,0	6,7	92,0	96,8	OK	OK

	B43	M20 8.8 - 2	LE2	1,0	78,0	388,6	0,7	82,9	83,4	OK	OK
	B44	M20 8.8 - 2	LE2	14,5	85,4	237,6	10,3	90,7	98,1	OK	OK
	B45	M20 8.8 - 2	LE2	2,2	83,3	495,8	1,6	88,5	89,6	OK	OK
	B46	M20 8.8 - 2	LE2	1,0	47,7	695,8	0,7	50,7	51,2	OK	OK
	B47	M20 8.8 - 2	LE2	0,0	35,0	388,6	0,0	37,3	37,3	OK	OK
	B48	M20 8.8 - 2	LE2	11,5	53,5	252,7	8,2	56,9	62,7	OK	OK
	B49	M20 8.8 - 2	LE1	7,7	84,9	695,8	5,4	90,3	94,2	OK	OK
	B50	M20 8.8 - 2	LE1	1,6	48,5	695,8	1,1	51,5	52,3	OK	OK
	B51	M20 8.8 - 2	LE1	1,0	35,3	388,6	0,7	37,5	38,0	OK	OK
	B52	M20 8.8 - 2	LE1	0,5	54,0	695,8	0,4	57,4	57,6	OK	OK
	B53	M20 8.8 - 2	LE2	4,1	91,5	695,8	2,9	97,3	99,4	OK	OK
	B54	M20 8.8 - 2	LE1	2,1	90,2	695,8	1,5	95,8	96,9	OK	OK
	B55	M20 8.8 - 2	LE1	4,4	80,2	388,6	3,1	85,2	87,5	OK	OK
	B56	M20 8.8 - 2	LE1	5,1	89,0	280,4	3,6	94,6	97,1	OK	OK
	B57	M20 8.8 - 2	LE2	1,0	39,2	357,3	0,7	41,7	42,2	OK	OK
	B58	M20 8.8 - 2	LE2	1,1	34,1	388,6	0,8	36,3	36,9	OK	OK
	B59	M20 8.8 - 2	LE2	0,3	38,2	695,8	0,2	40,6	40,7	OK	OK
	B60	M20 8.8 - 2	LE2	5,8	50,0	252,7	4,1	53,1	56,1	OK	OK
	B61	M20 8.8 - 2	LE2	0,2	23,7	357,3	0,1	25,1	25,2	OK	OK
	B62	M20 8.8 - 2	LE2	0,7	20,6	388,6	0,5	21,9	22,2	OK	OK
	B63	M20 8.8 - 2	LE2	0,6	27,9	695,8	0,4	29,6	30,0	OK	OK
	B64	M20 8.8 - 2	LE2	6,3	42,3	284,6	4,5	44,9	48,1	OK	OK
	B65	M20 8.8 - 2	LE1	6,6	23,2	388,6	4,7	24,7	28,0	OK	OK
	B66	M20 8.8 - 2	LE1	0,3	21,5	388,6	0,2	22,8	23,0	OK	OK
	B67	M20 8.8 - 2	LE1	0,6	29,0	695,8	0,4	30,8	31,1	OK	OK
	B68	M20 8.8 - 2	LE1	0,4	43,1	695,8	0,3	45,8	46,0	OK	OK
	B69	M20 8.8 - 2	LE1	8,6	41,3	388,6	6,1	43,9	48,3	OK	OK
	B70	M20 8.8 - 2	LE1	2,0	36,0	388,6	1,4	38,3	39,3	OK	OK
	B71	M20 8.8 - 2	LE1	6,5	39,4	271,4	4,6	41,9	45,2	OK	OK
	B72	M20 8.8 - 2	LE1	6,9	50,5	241,3	4,9	53,6	57,1	OK	OK
	B73	M24 8.8 - 1	LE1	57,9	101,7	576,1	28,5	75,0	95,4	OK	OK
	B74	M24 8.8 - 1	LE1	27,3	119,2	409,9	13,4	88,0	97,5	OK	OK
	B75	M24 8.8 - 1	LE1	2,2	122,4	409,9	1,1	90,3	91,1	OK	OK
	B76	M24 8.8 - 1	LE1	1,0	122,5	409,9	0,5	90,4	90,8	OK	OK

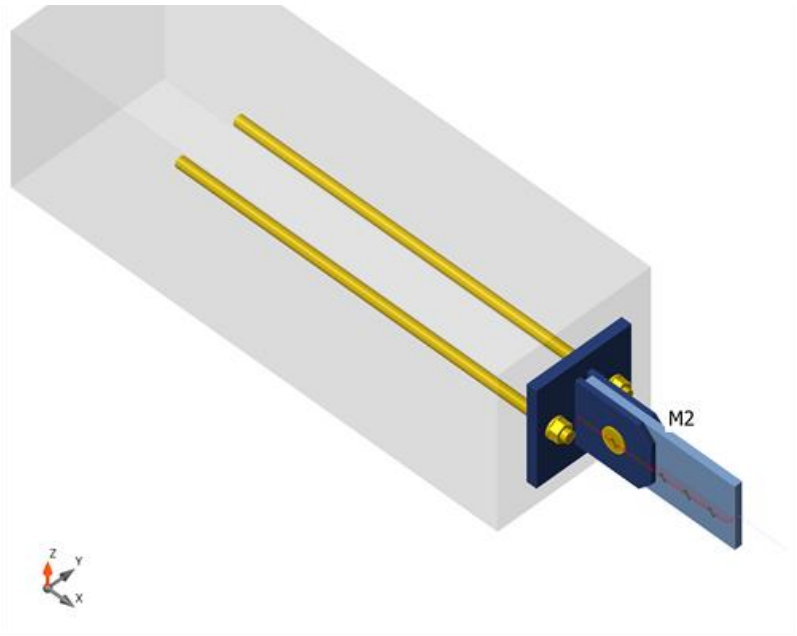
	B77	M24 8.8 - 1	LE1	0,5	125,7	409,9	0,3	92,7	92,9	OK	OK
	B78	M24 8.8 - 1	LE1	83,7	87,7	576,1	41,1	64,7	94,1	OK	OK
	B79	M24 8.8 - 1	LE1	54,8	103,3	409,9	27,0	76,2	95,5	OK	OK
	B80	M24 8.8 - 1	LE1	18,0	124,7	409,9	8,8	92,0	98,3	OK	OK
	B81	M24 8.8 - 1	LE1	1,8	128,3	409,9	0,9	94,6	95,2	OK	OK
	B82	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	130,3	409,9	0,0	96,1	96,1	OK	OK
	B83	M24 8.8 - 1	LE1	40,4	111,8	576,1	19,9	82,5	96,7	OK	OK
	B84	M24 8.8 - 1	LE1	32,4	116,3	409,9	15,9	85,8	97,1	OK	OK
	B85	M24 8.8 - 1	LE1	5,6	118,3	409,9	2,7	87,3	89,2	OK	OK
	B86	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	116,2	409,9	0,0	85,7	85,7	OK	OK
	B87	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	119,0	409,9	0,0	87,8	87,8	OK	OK
	B88	M24 8.8 - 1	LE1	40,3	111,9	576,1	19,8	82,5	96,7	OK	OK
	B89	M24 8.8 - 1	LE1	38,1	112,9	409,9	18,7	83,3	96,7	OK	OK
	B90	M24 8.8 - 1	LE1	13,4	119,8	409,9	6,6	88,4	93,1	OK	OK
	B91	M24 8.8 - 1	LE1	1,9	118,3	409,9	0,9	87,3	87,9	OK	OK
	B92	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	120,9	409,9	0,0	89,2	89,2	OK	OK
	B93	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,9	409,9	0,0	92,1	92,1	OK	OK
	B94	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	117,0	409,9	0,0	86,3	86,3	OK	OK
	B95	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	113,4	409,9	0,0	83,6	83,6	OK	OK
	B96	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	112,0	409,9	0,0	82,6	82,6	OK	OK
	B97	M24 8.8 - 1	LE2	41,0	111,0	443,1	20,2	81,9	96,3	OK	OK
	B98	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	131,1	409,9	0,0	96,7	96,7	OK	OK
	B99	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,4	409,9	0,0	91,8	91,8	OK	OK
	B100	M24 8.8 - 1	LE2	2,1	120,3	409,9	1,0	88,8	89,5	OK	OK
	B101	M24 8.8 - 1	LE2	10,6	117,7	409,9	5,2	86,8	90,5	OK	OK
	B102	M24 8.8 - 1	LE2	52,9	104,2	443,1	26,0	76,8	95,4	OK	OK
	B103	M24 8.8 - 1	LE2	34,6	115,2	409,9	17,0	85,0	97,2	OK	OK
	B104	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	124,3	409,9	0,0	91,7	91,7	OK	OK
	B105	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	118,4	409,9	0,0	87,3	87,3	OK	OK
	B106	M24 8.8 - 1	LE2	1,3	116,9	409,9	0,7	86,2	86,7	OK	OK
	B107	M24 8.8 - 1	LE2	40,7	111,3	443,1	20,0	82,1	96,4	OK	OK
	B108	M24 8.8 - 1	LE2	40,5	111,9	409,9	19,9	82,5	96,8	OK	OK
	B109	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	128,4	409,9	0,0	94,8	94,8	OK	OK
	B110	M24 8.8 - 1	LE2	0,0	122,6	409,9	0,0	90,4	90,4	OK	OK

	B111	M24 8.8 - 1	LE2	8,3	120,4	409,9	4,1	88,8	91,7	OK	OK
	B112	M24 8.8 - 1	LE2	49,3	106,3	443,1	24,2	78,4	95,7	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 8.8 - 1	203,3	1122,8	135,6
M20 8.8 - 2	141,1	469,4	94,1

18.5. Blocco uffici – Piastra A parete con dissipatore RC



Membrature

Geometria

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - FLA260/30	0,0	0,0	90,0	0	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine		Nodo	0

Vincolo Latero-Torsionale

Piastra	Vincolo torsionale C_θ [kNm/m]	Vincolo laterale S_l [kN]
M2-bfl 1	Libero	Rigido

Sezioni

Nome	Materiale
2 - FLA260/30	S 355

Ancoraggi / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M42 8.8	42	640,0	800,0	1385
D80 S 355	80	355,0	490,0	5027

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M2 / Fine	1050,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE2	M2 / Fine	-1050,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	630 x 640	mm
Altezza	2000	mm
Ancoraggio	M42 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	1500	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ancoraggi	

Verifica

Riassunto

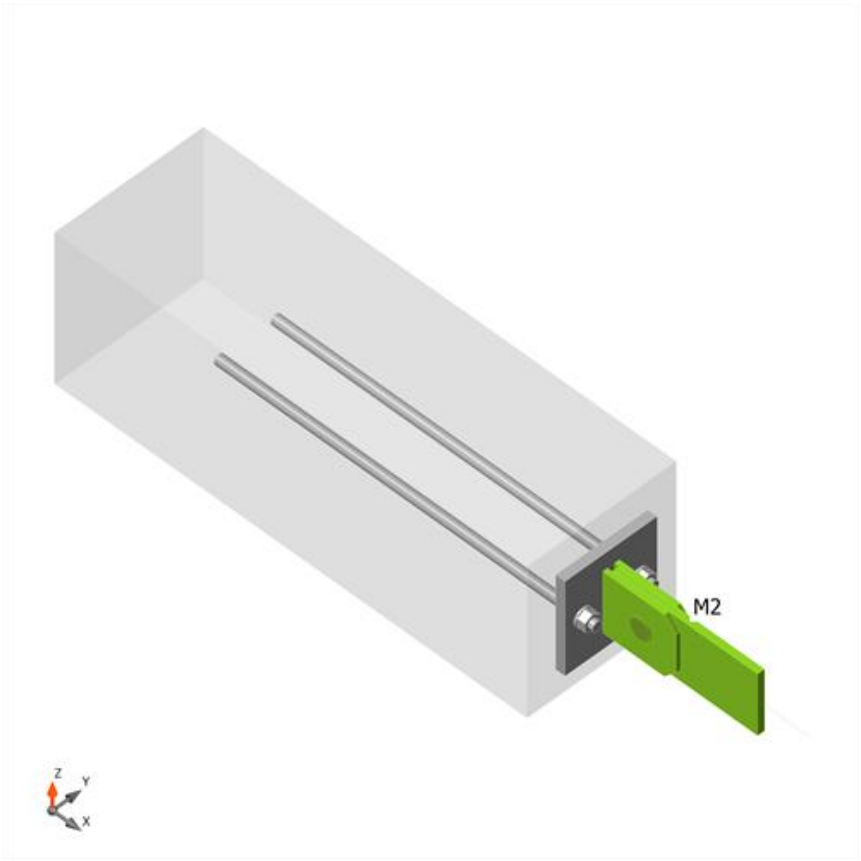
Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,5 < 5,0%	OK
Cerniere	86,3 < 100%	OK
Ancoraggi	87,8 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	41,3 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

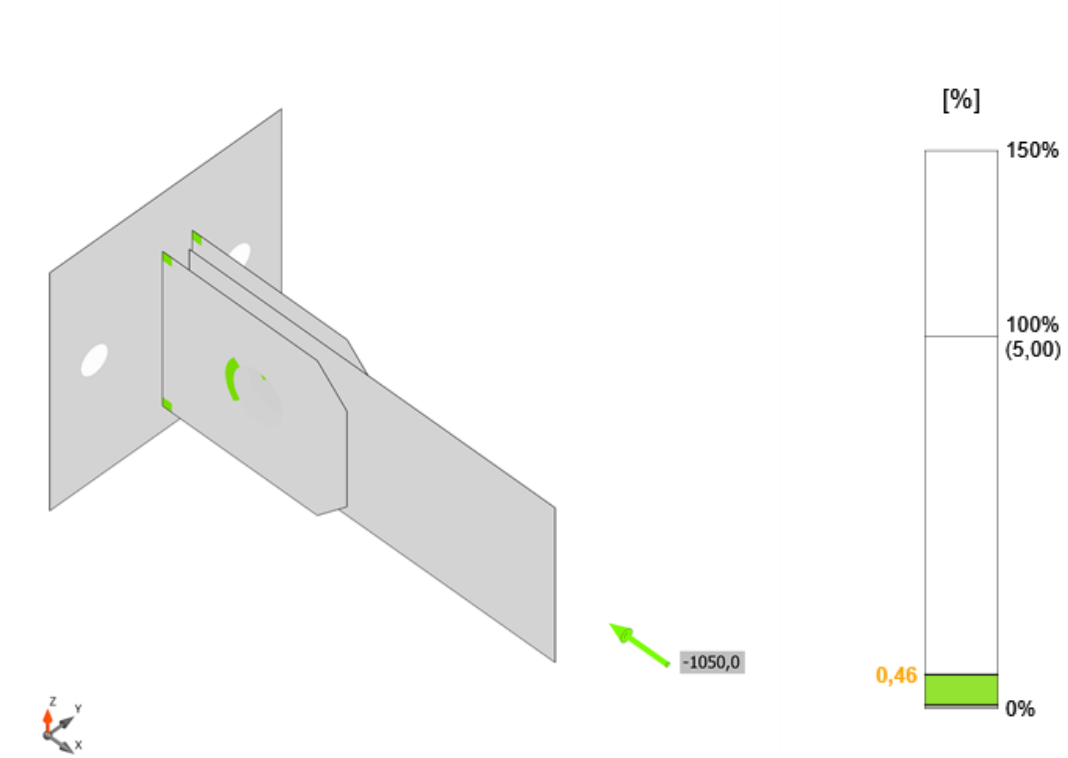
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2-bfl 1	30,0	LE2	339,1	0,5	17,5	OK
PB1	40,0	LE1	338,7	0,3	0,0	OK
SP1	20,0	LE2	338,3	0,1	13,1	OK
SP2	20,0	LE2	338,3	0,1	13,1	OK

Dati Progetto

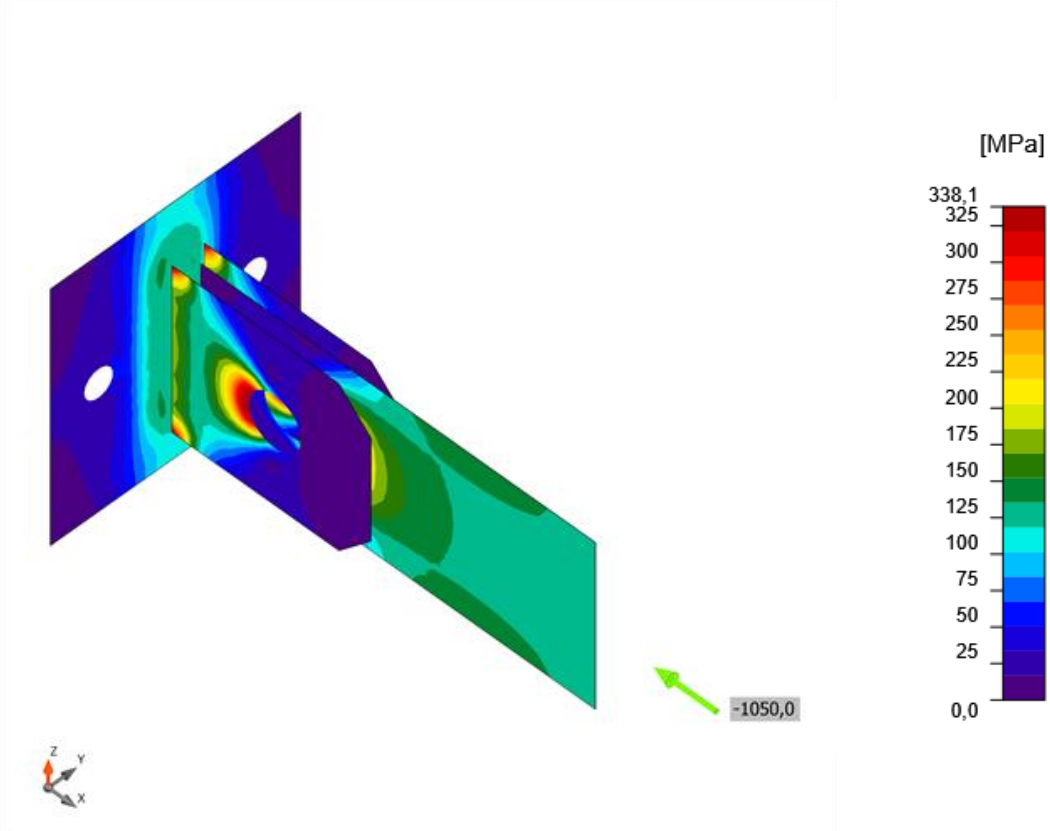
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0



Verifica globale, LE2



Verifica deformazione, LE2

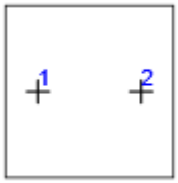


Sforzo equivalente, LE2

Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P3	D80 S 355	LE2	525,0	9,2	1182,2	1217,1	25,5	86,3	36,0	32,7	OK	OK

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A1	LE1	525,0	3,1	87,8	0,9	77,1	OK	OK
	A2	LE1	525,0	3,1	87,8	0,9	77,1	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]

M42 8.8 - 1	597,9	358,7

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
PB1	SP1	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
PB1	SP2	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

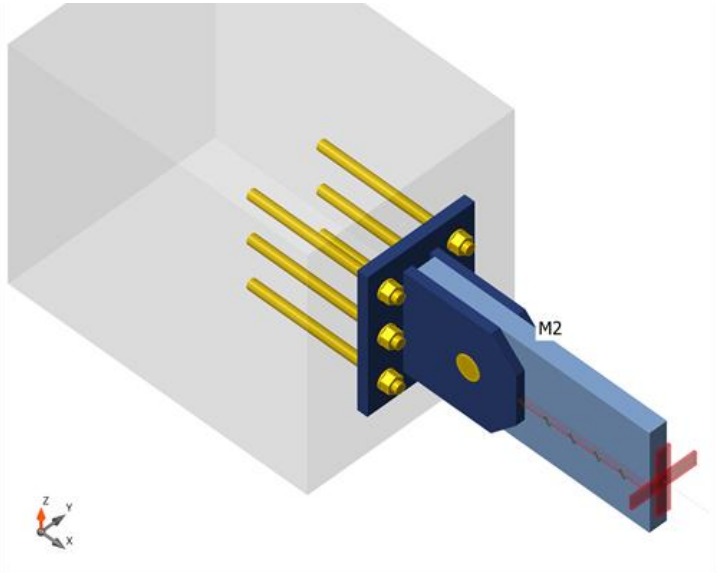
Dati Progetto

Materiale	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

Blocco di calcestruzzo

Elemento	Carichi	c [mm]	A_{eff} [mm²]	σ [MPa]	k_j [-]	f_{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE2	80	91271	11,5	1,79	27,9	41,3	OK

18.6. Blocco uffici – Piastra di collegamento dissipatore - trave



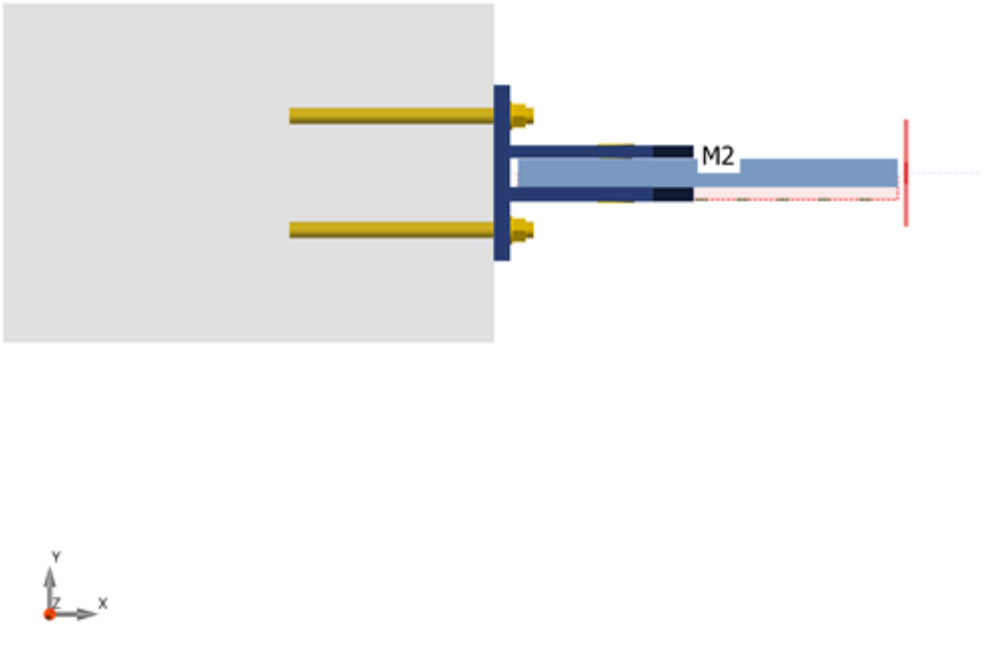
Membrature

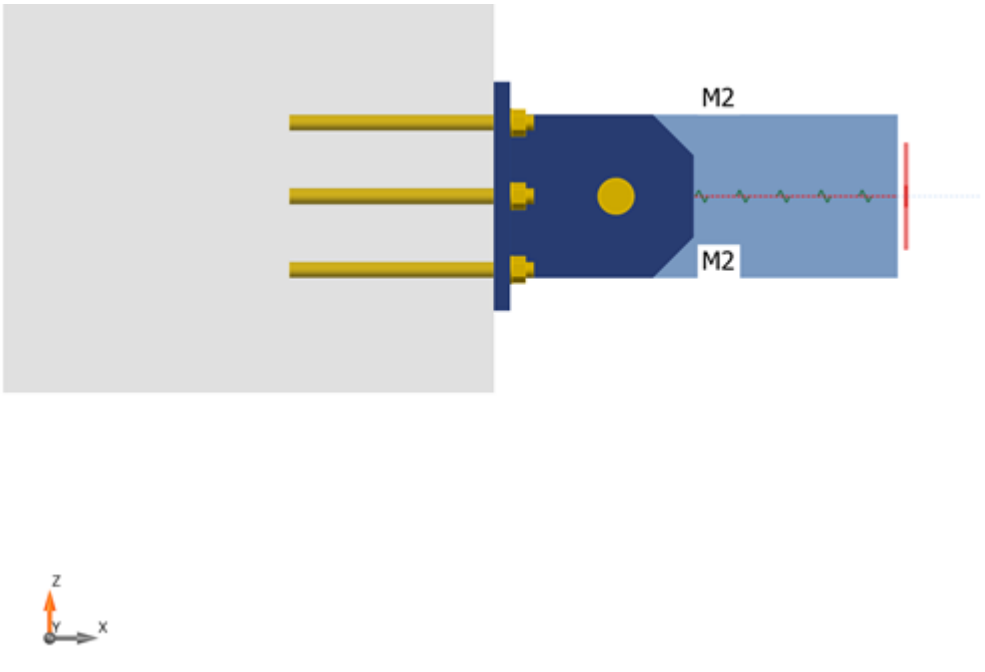
Geometria

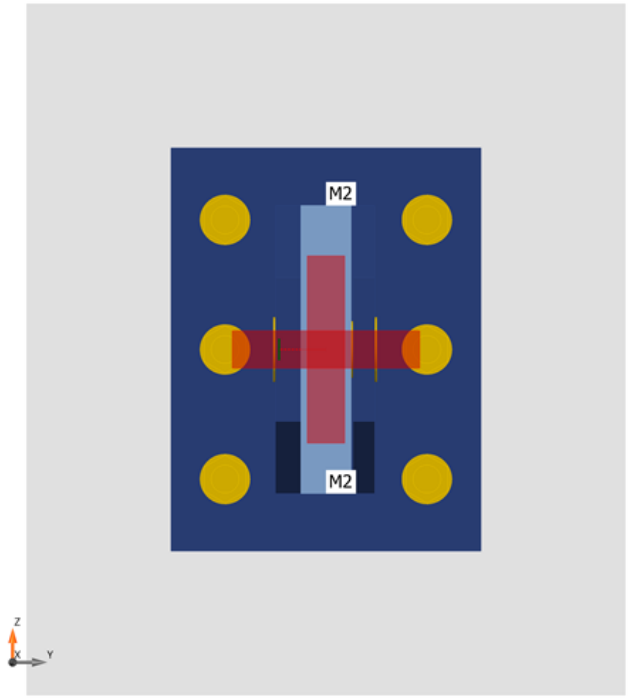
Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - FLA400/70	0,0	0,0	90,0	0	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine	Mx-My-Mz	Bulloni	260


M2
Y
Z
X


M2
M2
Z
Y
X



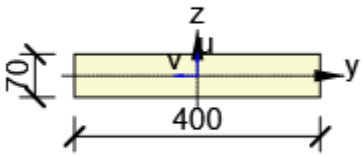
Vincolo Latero-Torsionale

Piastra	Vincolo torsionale C_θ [kNm/m]	Vincolo laterale S_l [kN]
M2-bfl 1	Libero	Rigido

Sezioni

Nome	Materiale
2 - FLA400/70	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
2 - FLA400/70	S 355	

Ancoraggi / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M39 8.8	39	640,0	800,0	1195
D80 S 355	80	355,0	490,0	5027

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M2 / Fine	0,0	1050,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	830 x 960	mm
Altezza	1200	mm
Ancoraggio	M39 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	500	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ancoraggi	

Verifica

Riassunto

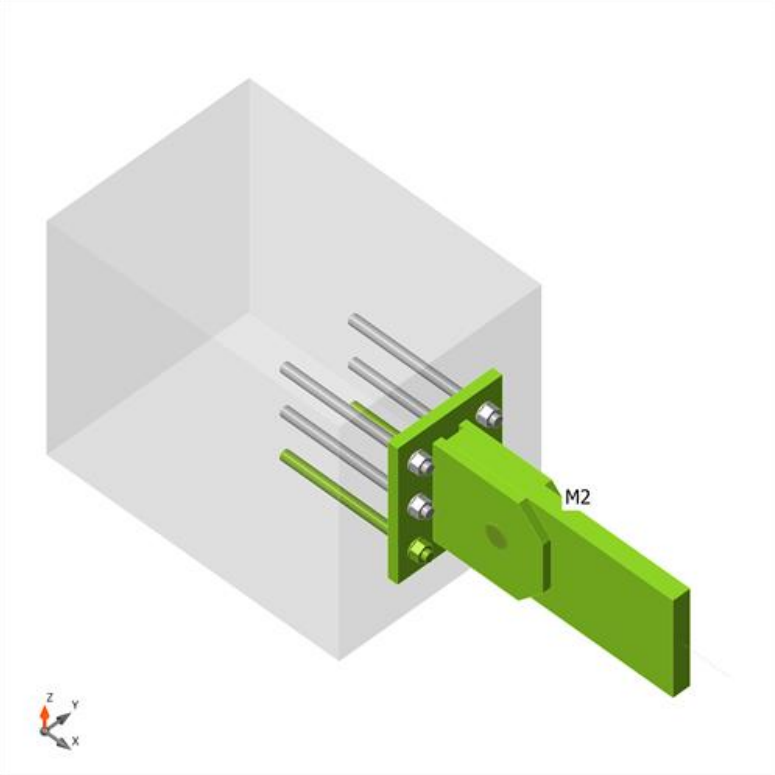
Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,3 < 5,0%	OK
Cerniere	72,1 < 100%	OK
Ancoraggi	78,4 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	42,7 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

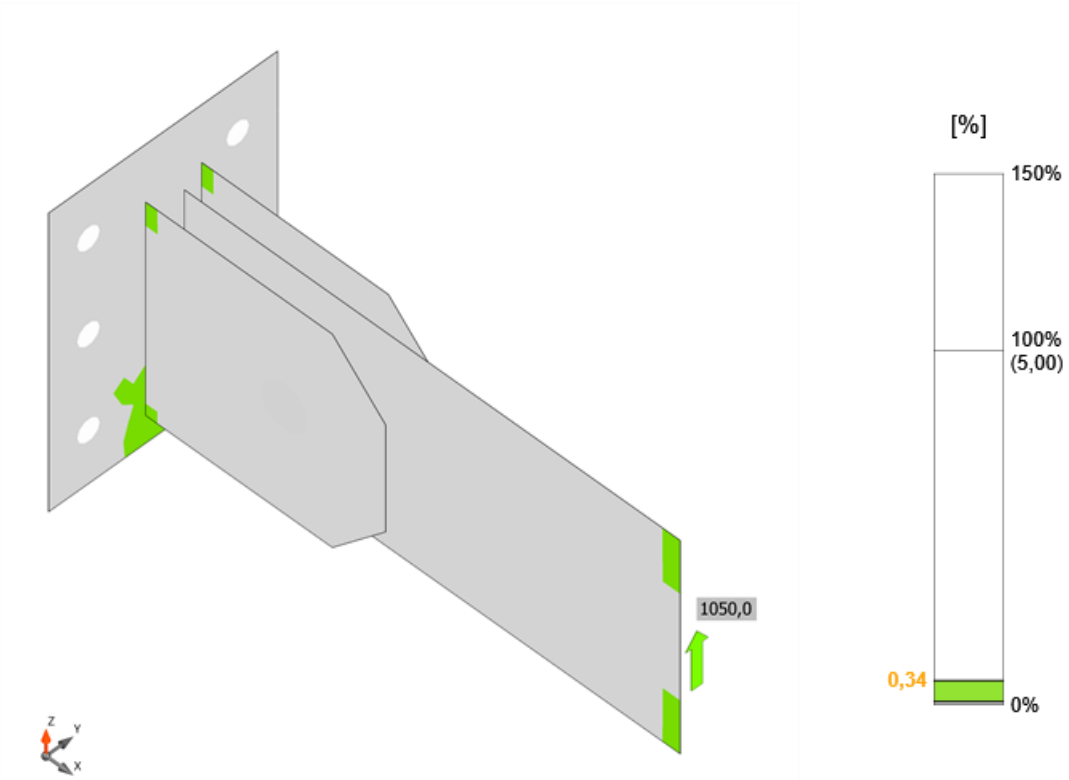
Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2-bfl 1	S 355	70,0	LE1	319,6	0,3	2,2	OK
PB1	S 355 - 1	40,0	LE1	338,2	0,1	0,0	OK
SP1	S 355 - 1	30,0	LE1	338,8	0,3	0,0	OK
SP2	S 355 - 1	35,0	LE1	338,7	0,3	4,7	OK

Dati Progetto

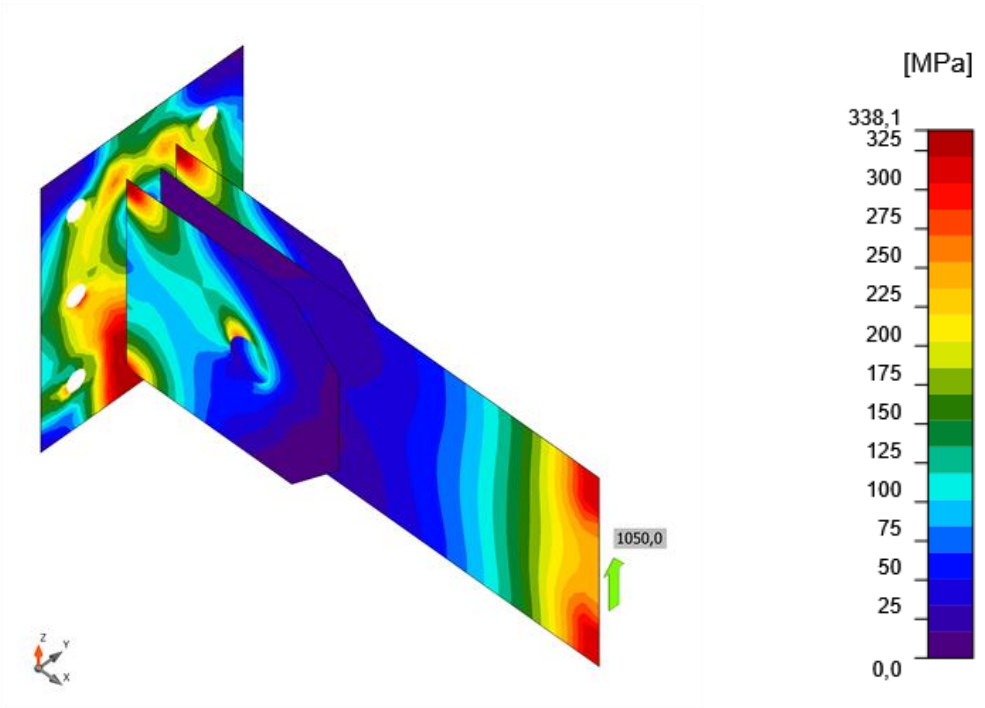
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	335,0	5,0
S 355 - 1	355,0	5,0



Verifica globale, LE1



Verifica deformazione, LE1

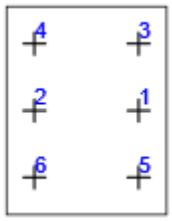


Sforzo equivalente, LE1

Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P7	D80 S 355	LE1	525,0	18,4	1182,2	1217,1	25,5	44,4	72,1	71,7	OK	OK

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A1	LE1	84,7	174,8	16,3	56,0	34,0	OK	OK
	A2	LE1	82,2	175,3	15,8	56,1	34,0	OK	OK
	A3	LE1	0,0	177,4	0,0	56,8	32,3	OK	OK
	A4	LE1	0,0	177,8	0,0	56,9	32,4	OK	OK
	A5	LE1	360,7	172,1	69,3	55,1	78,4	OK	OK
	A6	LE1	359,2	172,6	69,0	55,3	78,2	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M39 8.8 - 1	520,5	312,3

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
PB1	SP1	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
PB1	SP2	-	400	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

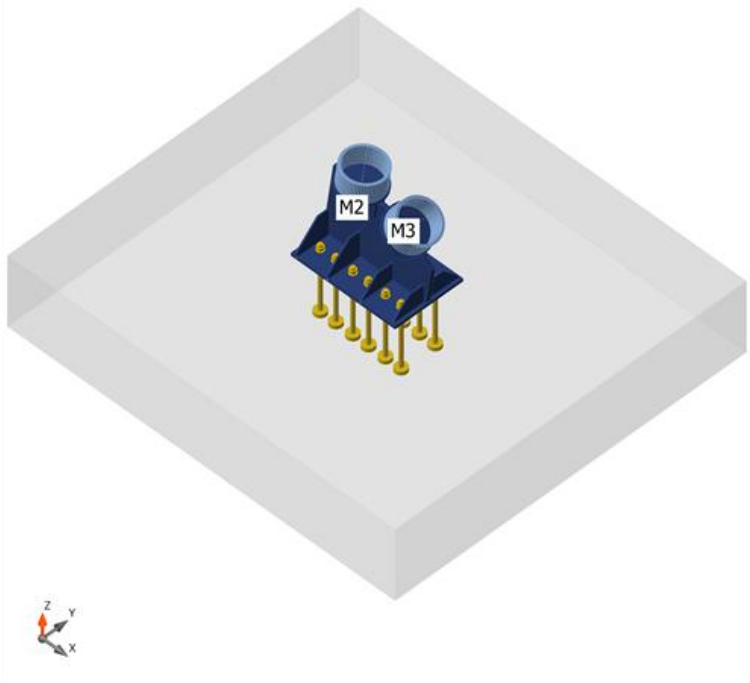
Dati Progetto

Materiale	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

Blocco di calcestruzzo

Elemento	Carichi	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	f_{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE1	62	45861	19,7	2,95	46,2	42,7	OK

18.7. Gantry esterno - Piastra di base del controvento verticale



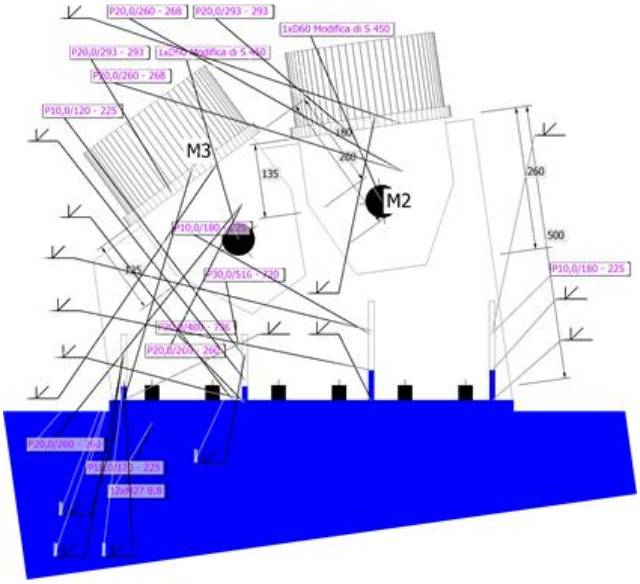
Membrature

Geometria

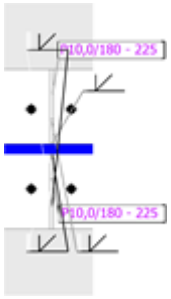
Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - CHS273.0/16.0	0,0	82,0	0,0	0	0	0
M3	2 - CHS273.0/16.0	0,0	54,0	0,0	375	0	-80

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine		Nodo	0
M3 / fine		Nodo	0



Fazzoletto (CPL1a)



Piastra di base (BP1)

Sezioni

Nome	Materiale
2 - CHS273.0/16.0	S 355

Ancoraggi / Bulloni / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M27 8.8	27	640,0	800,0	573
D60 Modifica di S 450	60	650,0	880,0	2827

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	M2 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LE2	M2 / Fine	860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fine	860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Blocco di fondazione

Elemento	Valore	Unità
CB 1		
Dimensioni	2480 x 2736	mm
Altezza	500	mm
Ancoraggio	M27 8.8	
Lunghezza di ancoraggio	400	mm
Trasferimento dello sforzo di taglio	Ancoraggi	

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	1,4 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,0 < 3%	OK
Cerniere	94,2 < 100%	OK
Ancoraggi	83,3 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Blocco di calcestruzzo	27,8 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

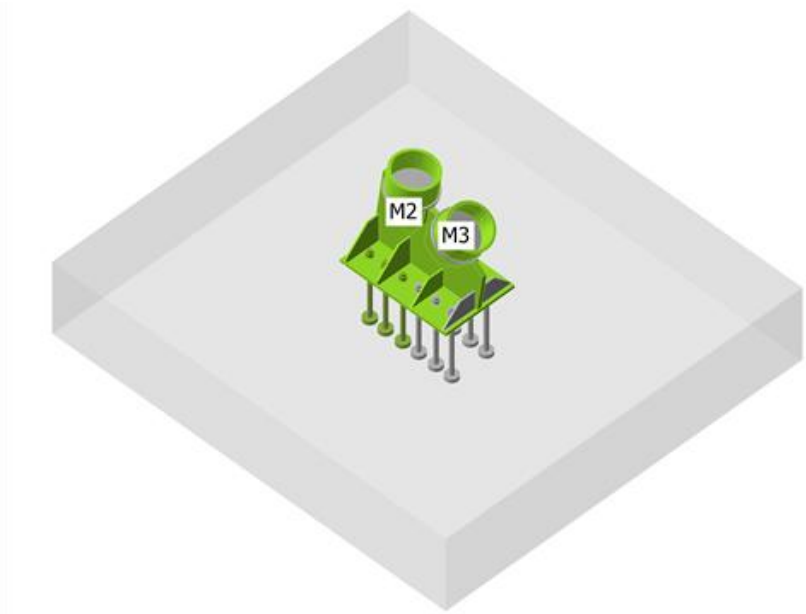
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2	16,0	LE2	338,2	0,0	0,0	OK
M3	16,0	LE2	338,2	0,1	0,0	OK
BP1	20,0	LE2	338,8	0,3	0,0	OK
CPL1a	30,0	LE2	338,3	0,1	18,4	OK
CPL1b	20,0	LE2	245,5	0,0	0,0	OK
CPL1c	20,0	LE2	338,1	0,0	0,0	OK
CPL1d	20,0	LE2	338,1	0,0	0,0	OK
SP1	10,0	LE2	341,1	1,4	0,0	OK
SP2	10,0	LE2	341,1	1,4	0,0	OK
SP3	10,0	LE2	338,7	0,3	0,0	OK
SP4	10,0	LE2	338,7	0,3	0,0	OK
CPL2a	20,0	LE2	249,1	0,0	0,0	OK
CPL2b	20,0	LE2	338,3	0,1	0,0	OK
CPL2c	20,0	LE2	338,3	0,1	0,0	OK
SP5	10,0	LE2	165,6	0,0	0,0	OK
SP6	10,0	LE2	164,1	0,0	0,0	OK
SP7	10,0	LE2	338,4	0,2	0,0	OK
SP8	10,0	LE2	338,4	0,2	0,0	OK

Dati Progetto

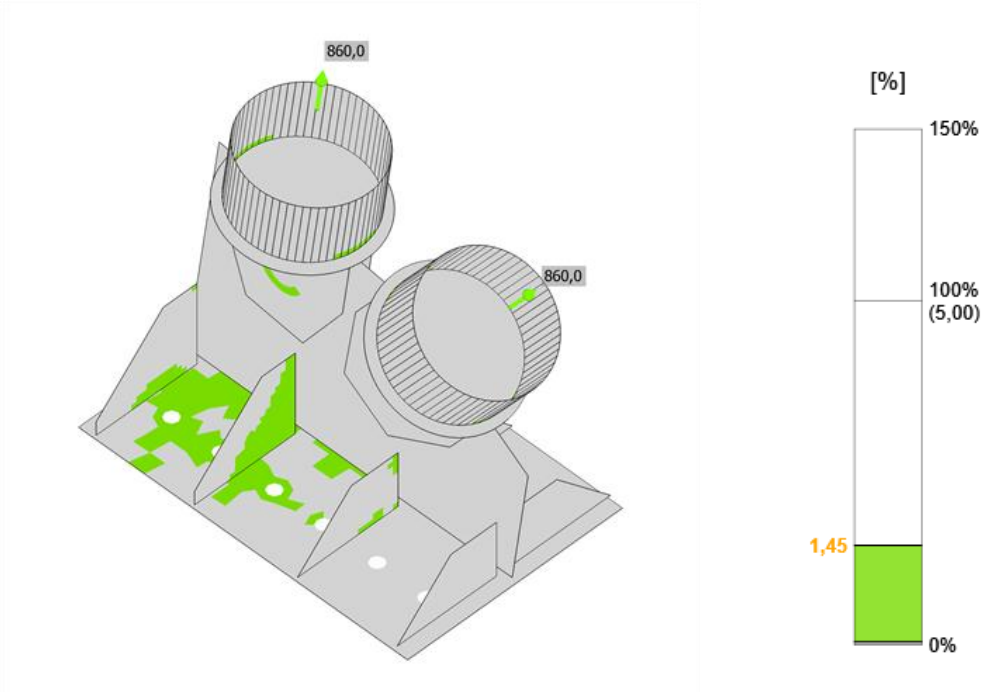
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Deformazione loc.

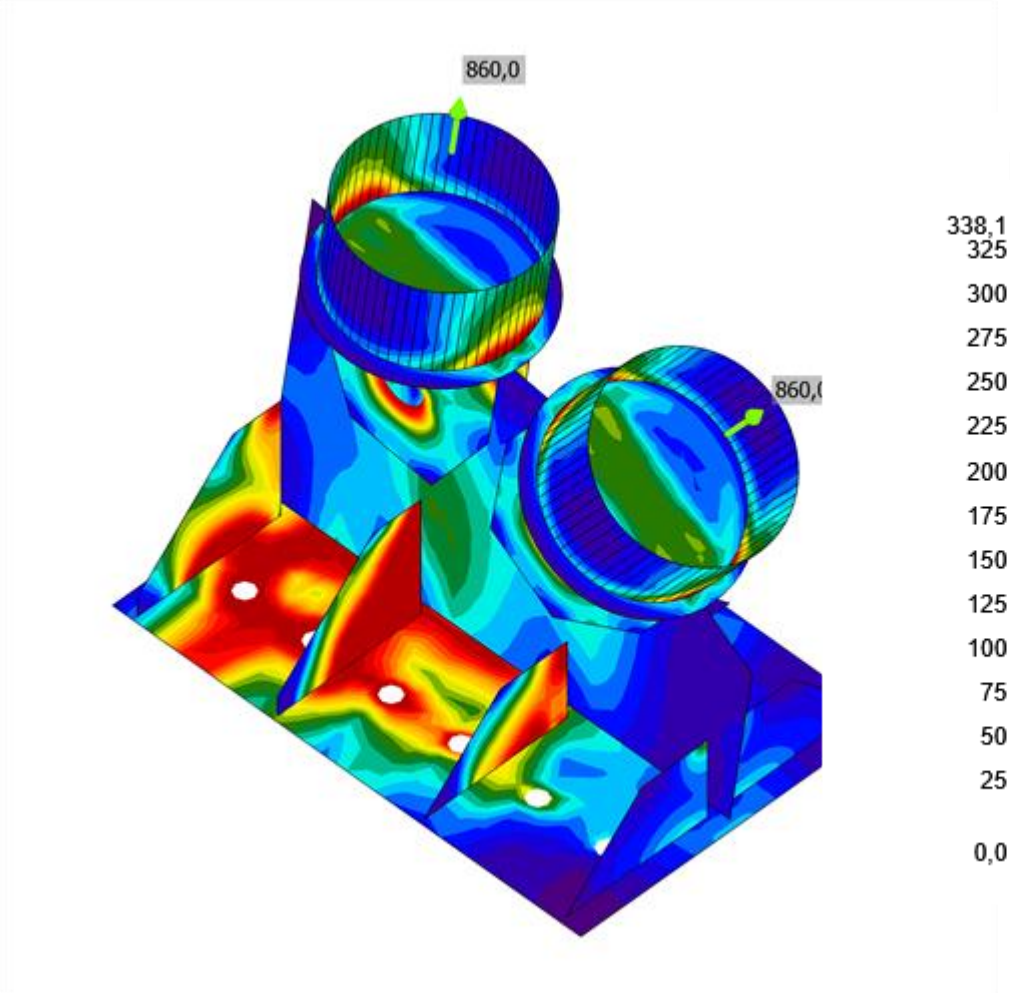
Nome	d_0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Verifica Stato
M2	273	LE2	0	8	0,0	OK
M3	273	LE2	0	8	0,0	OK



Verifica globale, LE2



Verifica deformazione, LE2

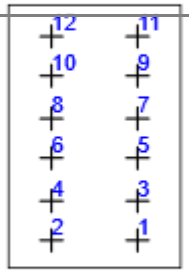


Sforzo equivalente, LE2

Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P13	D60 Modifica di S 450	LE2	430,0	7,5	1194,3	912,9	19,7	94,2	38,2	27,6	OK	OK
P14	D60 Modifica di S 450	LE2	430,0	7,5	1194,3	912,9	19,7	94,2	38,2	27,6	OK	OK

Ancoraggi

Forma	Elemento	Carichi	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Rd,cb}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	A1	LE2	1,1	53,0	909,4	0,0	0,4	58,3	0,0	OK	OK
	A2	LE2	1,0	53,1	909,4	0,0	0,4	58,3	0,0	OK	OK
	A3	LE2	89,2	52,8	909,4	0,0	33,7	58,1	3,1	OK	OK
	A4	LE2	89,2	52,9	909,4	0,0	33,7	58,1	3,1	OK	OK
	A5	LE2	115,6	53,3	909,4	0,0	43,7	58,6	4,5	OK	OK

	A6	LE2	115,3	53,3	909,4	0,0	43,6	58,6	4,5	OK	OK
	A7	LE2	199,6	52,3	909,4	0,0	75,5	57,5	10,3	OK	OK
	A8	LE2	200,0	52,3	909,4	0,0	75,7	57,5	10,3	OK	OK
	A9	LE2	213,1	52,0	909,4	0,0	80,6	57,1	11,3	OK	OK
	A10	LE2	213,1	51,9	909,4	0,0	80,6	57,1	11,3	OK	OK
	A11	LE2	220,2	49,5	909,4	0,0	83,3	54,4	11,9	OK	OK
	A12	LE2	220,2	49,5	909,4	0,0	83,3	54,4	11,9	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	90,9

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
CPL1b	CPL1c	-	268	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	CPL1d	-	268	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	CPL1a	-	727	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP1	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP1	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP2	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP2	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP3	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP3	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP4	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP4	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	CPL2b	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	CPL2c	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP5	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP5	-	222	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP6	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP6	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP7	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP7	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP8	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	SP8	-	225	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	M2-arc 1	-	807	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	M3-arc 1	-	807	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

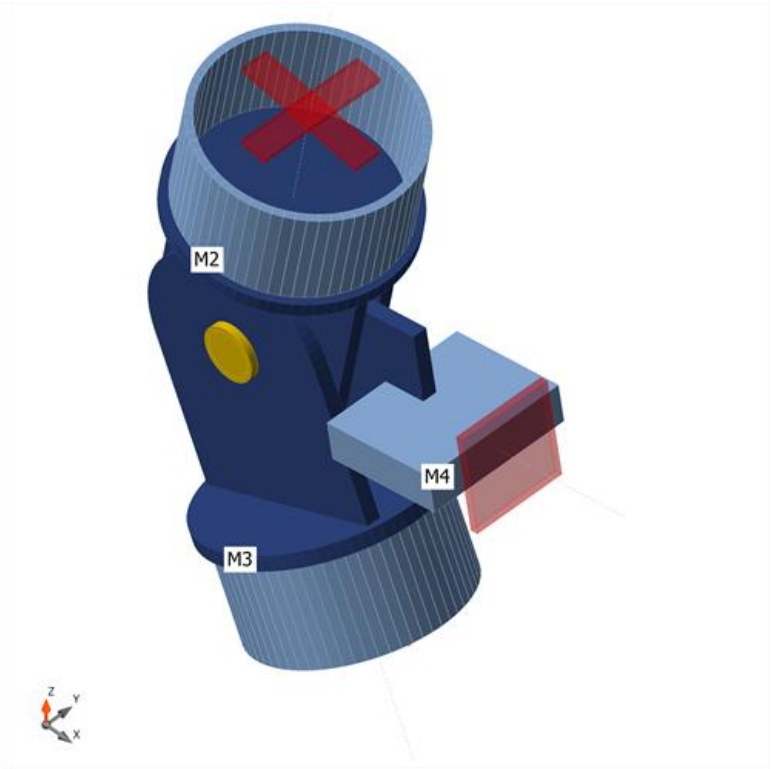
Dati Progetto

Materiale	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 355	0,0	-	-	-

Blocco di calcestruzzo

Elemento	Carichi	c [mm]	A_{eff} [mm^2]	σ [MPa]	k_j [-]	f_{jd} [MPa]	Ut [%]	Stato
CB 1	LE2	33	136344	11,4	2,63	41,0	27,8	OK

GANTRY ESTERNO – GIUNTO CENTRALE



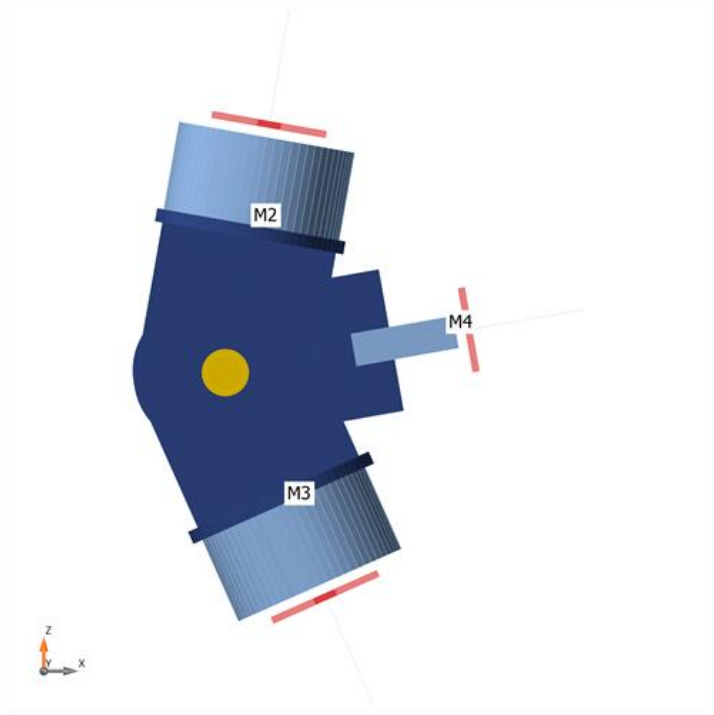
Membrature

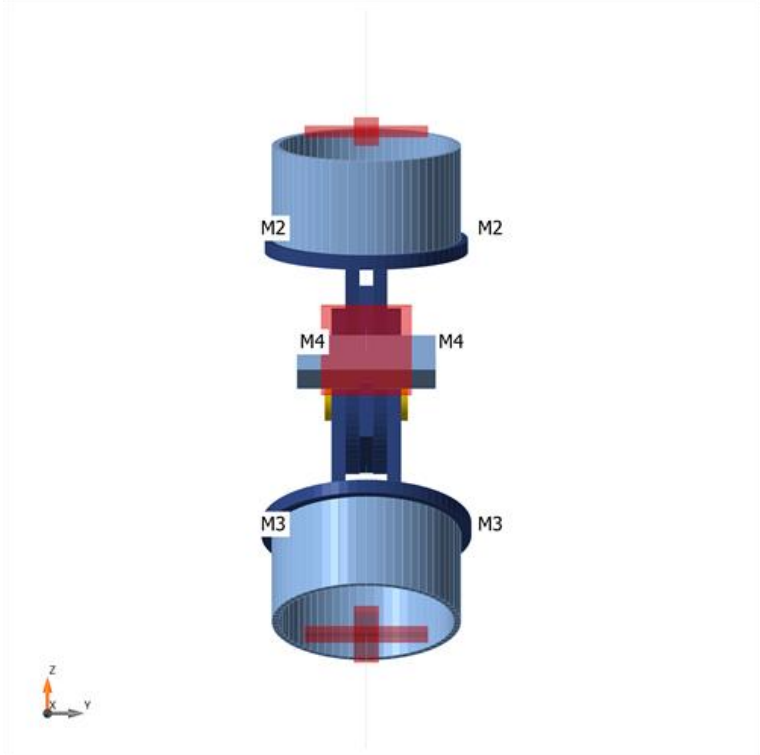
Geometria

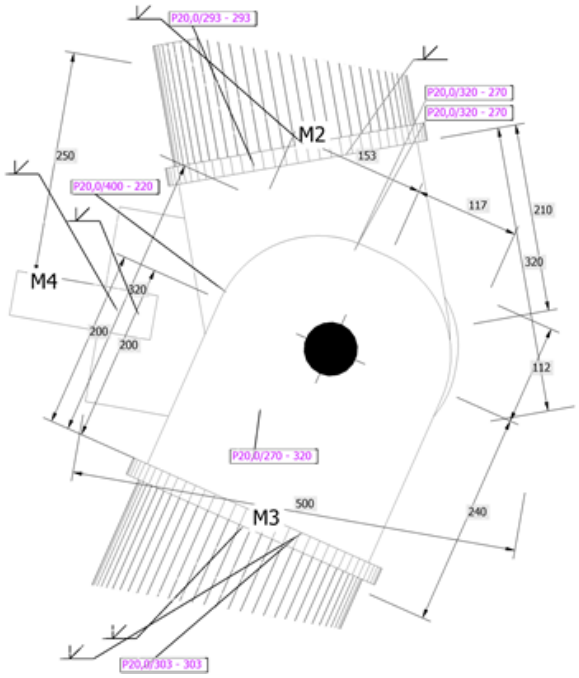
Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - CHS273,10	0,0	80,0	0,0	0	0	0
M3	2 - CHS273,10	0,0	-66,0	0,0	0	0	0
M4	4 - Piastra 50, 200	0,0	10,0	0,0	200	0	0

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine	Mx-My-Mz	Nodo	0
M3 / fine	Mx-My-Mz	Nodo	0
M4 / fine	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0


M2
M4
M3
Z
Y
X


M2
M2
M4
M4
M3
M3
Z
X
Y

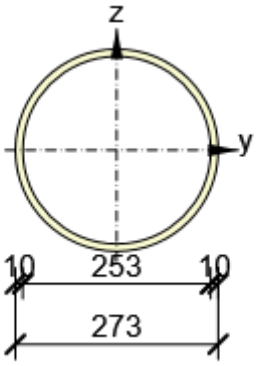


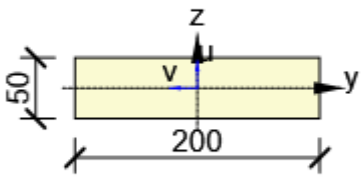
Fazzoletto (CPL1a)

Sezioni

Nome	Materiale
2 - CHS273,10	S 355
4 - Piastra 50, 200	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
2 - CHS273,10	S 355	

4 - Piastra 50, 200	S 355	

Bulloni / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
D60 Modifica di S 450	60	650,0	880,0	2827

Effetti del carico (forze in equilibrio)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	M2 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M4 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Forze non equilibrate

Nome	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE2	-499,1	0,0	-61,3	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,5 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,1 < 3%	OK
Cerniere	82,6 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

Nome	Materiale	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2	S 355	10,0	LE2	339,1	0,5	0,0	OK
M3	S 355	10,0	LE2	338,4	0,1	0,0	OK
M4-bfl 1	S 355 - 1	50,0	LE2	239,9	0,0	0,0	OK
CPL1a	S 355	20,0	LE2	338,4	0,1	13,6	OK
CPL1b	S 355	20,0	LE2	331,9	0,0	0,0	OK
CPL1c	S 355	20,0	LE2	338,4	0,2	14,3	OK

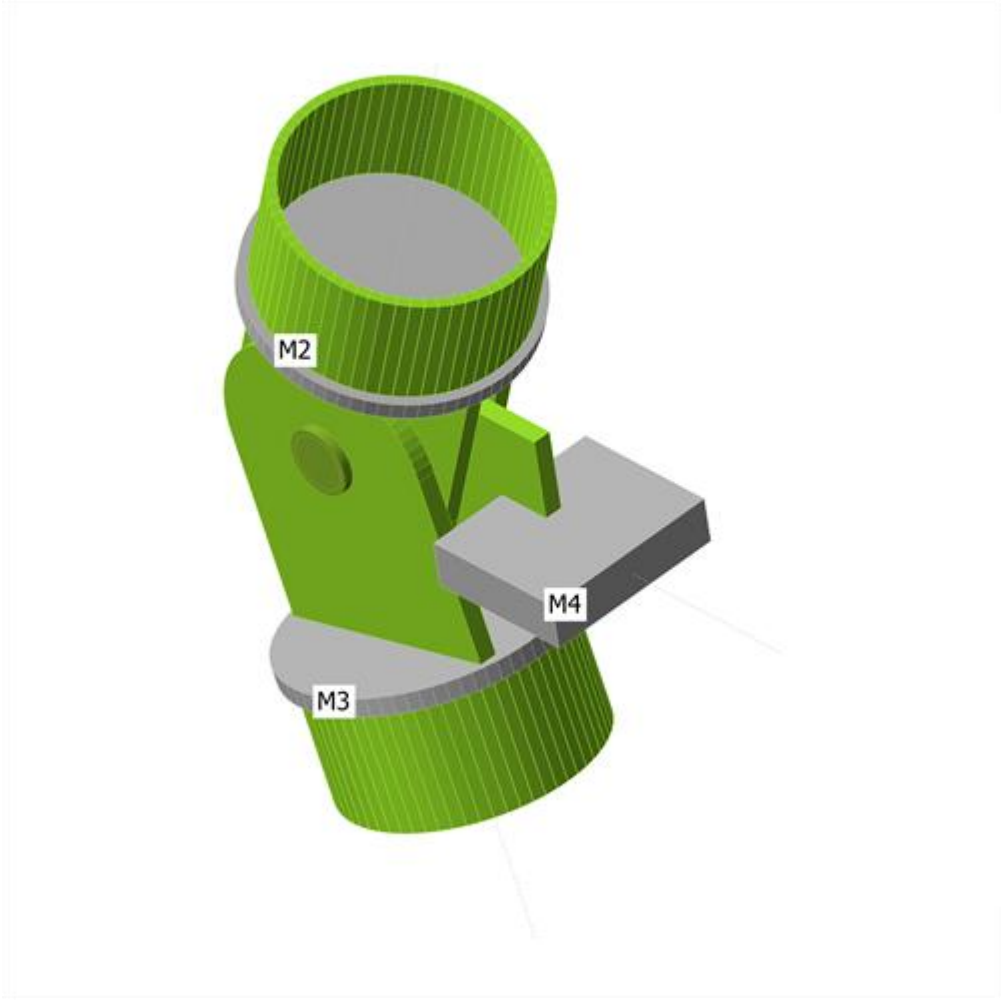
CPL1d	S 355	20,0	LE2	338,4	0,2	14,2	OK
CPL2a	S 355	20,0	LE2	243,0	0,0	0,0	OK
CPL2b	S 355	20,0	LE2	338,2	0,0	7,8	OK
SP1	S 355	20,0	LE2	338,2	0,0	7,6	OK

Dati Progetto

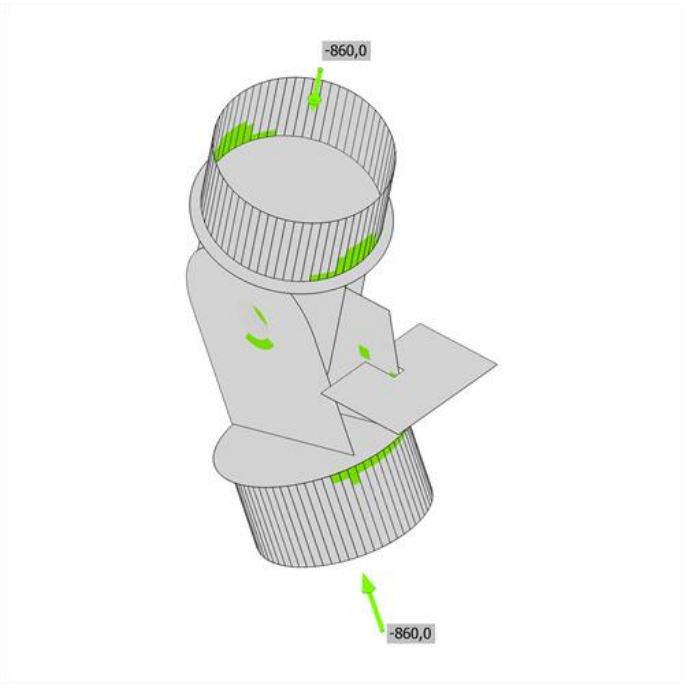
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0
S 355 - 1	335,0	5,0

Deformazione loc.

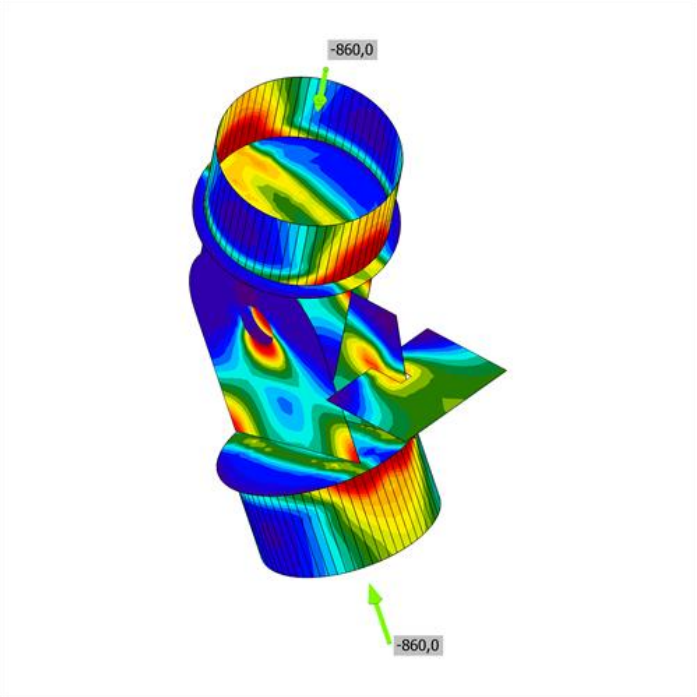
Nome	d_0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Verifica Stato
M2	273	LE2	0	8	0,1	OK
M3	273	LE2	0	8	0,1	OK



Verifica globale, LE2



Verifica deformazione, LE2



Sforzo equivalente, LE2

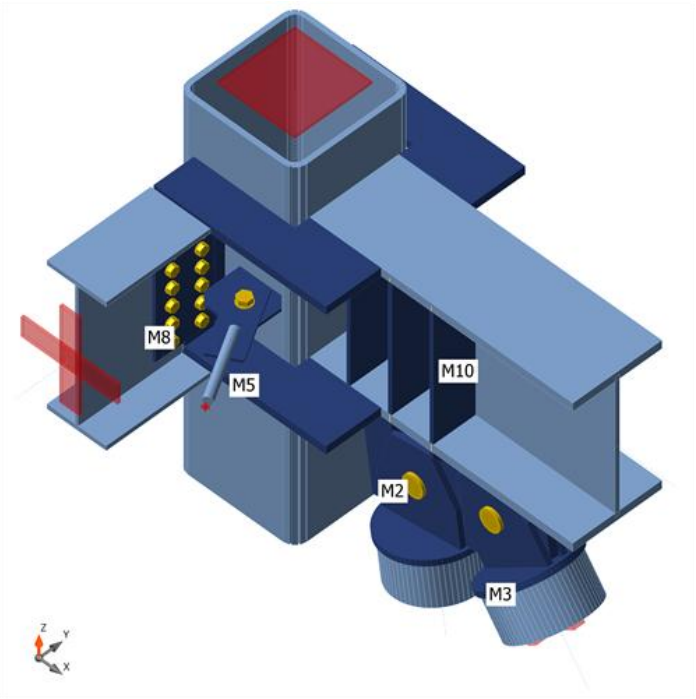
Cerniere

Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P1	D60 Modifica di S 450	LE2	430,8	10,4	1194,3	608,6	19,7	82,6	52,6	40,7	OK	OK

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
CPL1b	CPL1c	-	270	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	CPL1d	-	270	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	CPL2b	-	270	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	M4-bfl 1	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	M4-bfl 1	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	SP1	-	270	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	M2-arc 1	-	826	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	M3-arc 1	-	826	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

18.8. Gantry esterno - Colonna - Trave – Controvento verticale



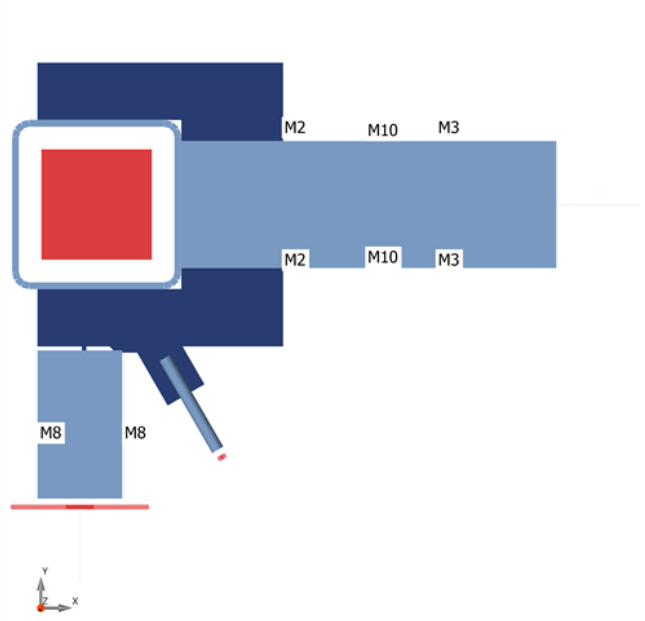
Membrature

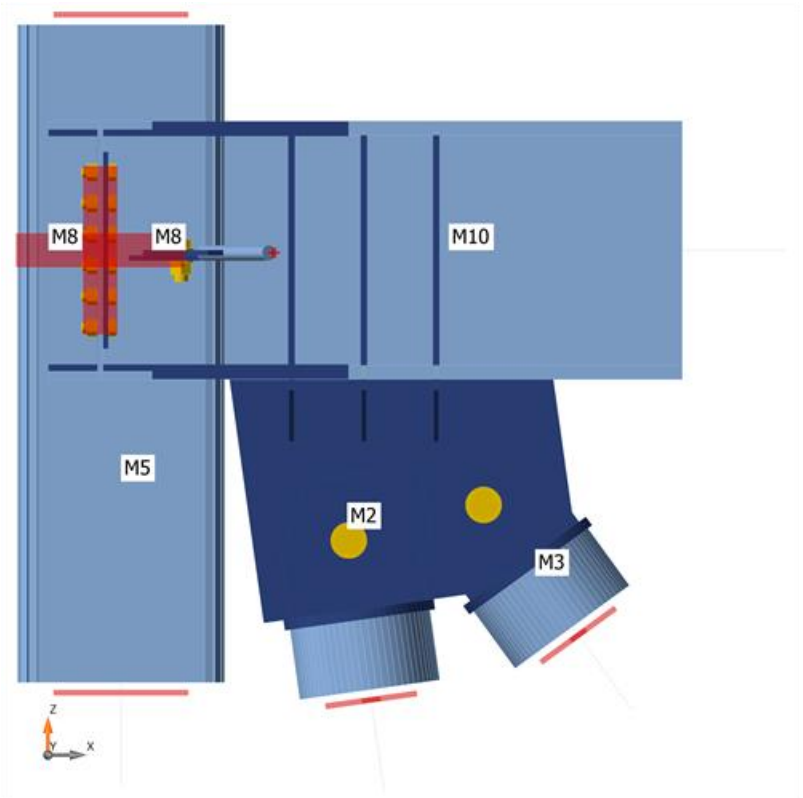
Geometria

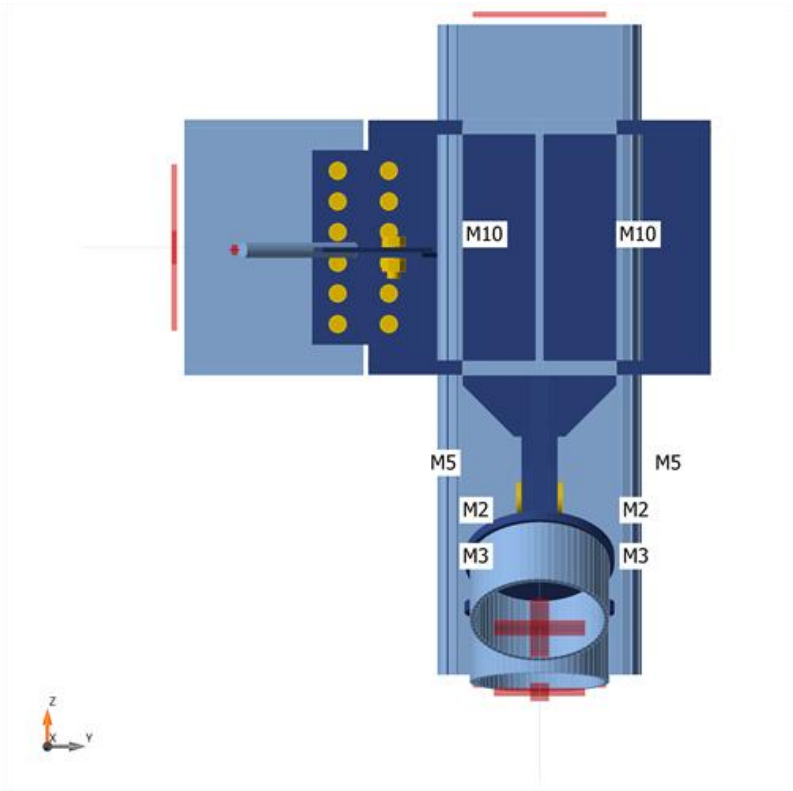
Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M2	2 - CHS273,10	0,0	-82,0	0,0	0	0	0
M3	2 - CHS273,10	0,0	-54,0	0,0	375	0	80
M5	6 - SHS400/400/16.0	0,0	90,0	0,0	0	0	390
M8	7 - IPE500	-90,0	0,0	0,0	345	-430	200
M10	5 - HEB500	0,0	0,0	0,0	-190	0	200
M11	8 - Circle 30(Cerchio 30)	-60,0	0,0	0,0	0	-380	195

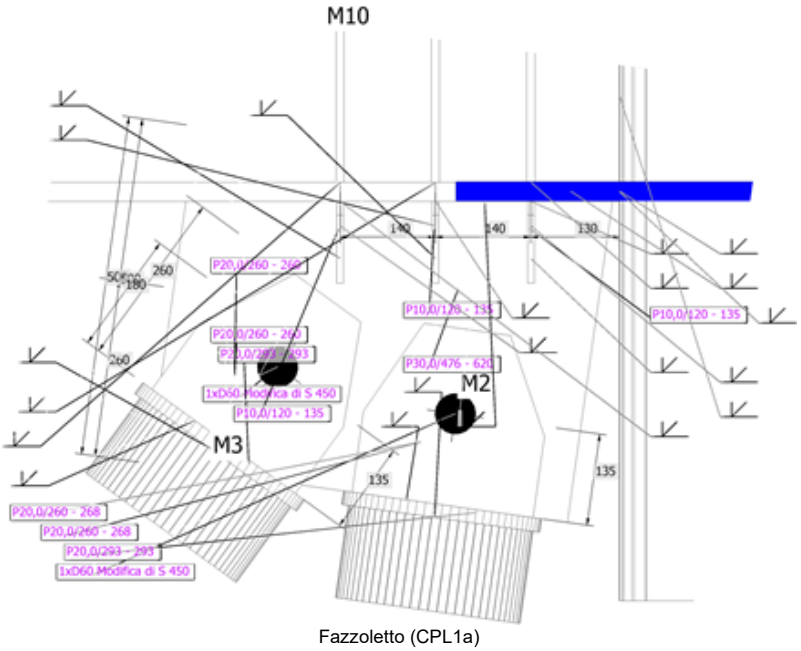
Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
M2 / fine	Mx-My-Mz	Bulloni	0
M3 / fine	Mx-My-Mz	Bulloni	0
M5 / inizio	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
M5 / fine	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
M8 / fine	Mx-My-Mz	Bulloni	50
M10 / fine		Posizione	0


M2
M10
M3
M2
M10
M3
M8
M8


M8
M8
M10
M5
M2
M3



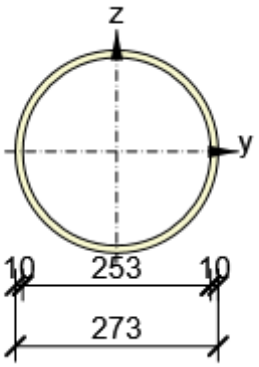
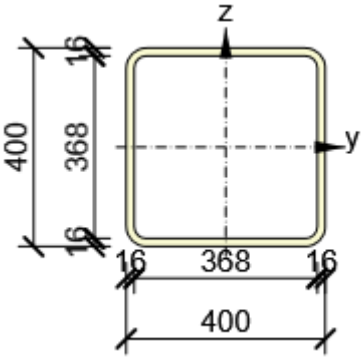
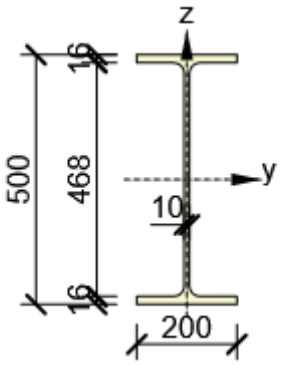


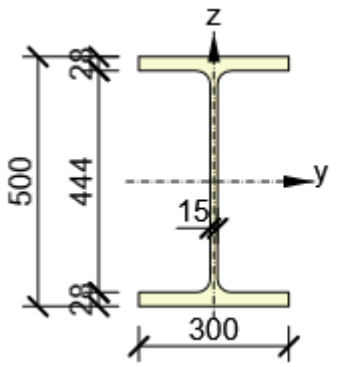
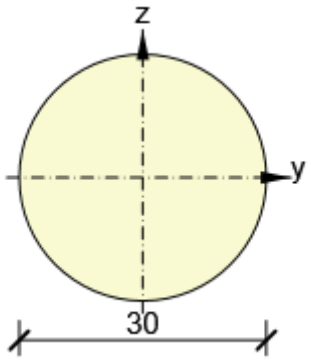
Fazzoletto (CPL1a)

Sezioni

Nome	Materiale
2 - CHS273,10	S 355
6 - SHS400/400/16.0	S 355
7 - IPE500	S 355
5 - HEB500	S 355
8 - Circle 30(Cerchio 30)	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
2 - CHS273,10	S 355	
6 - SHS400/400/16.0	S 355	
7 - IPE500	S 355	

5 - HEB500	S 355	
8 - Circle 30(Cerchio 30)	S 355	

Bulloni / Cerniere

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
D60 Modifica di S 450	60	650,0	880,0	2827
M20 8.8	20	640,0	800,0	314
M27 8.8	27	640,0	800,0	573

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
DISS1	M2 / Fine	860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fine	860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M8 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M10 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M11 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DISS2	M2 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M3 / Fine	-860,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M8 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M10 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M11 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	0,4 < 5,0%	OK
Deformazione loc.	0,1 < 3%	OK
Bulloni	1,6 < 100%	OK
Cerniere	94,2 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK
Stabilità	Non calcolato	
GMNA	Calcolato	

Piastre

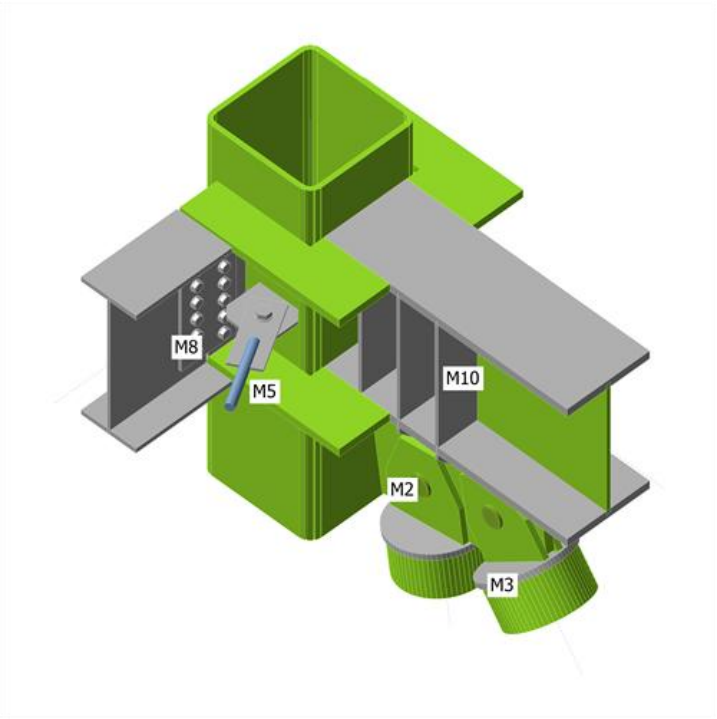
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
M2	10,0	DISS1	338,9	0,4	0,0	OK
M3	10,0	DISS1	339,0	0,4	0,0	OK
M5	16,0	DISS2	338,2	0,0	0,0	OK
M8-bfl 1	16,0	DISS1	1,1	0,0	0,0	OK
M8-tfl 1	16,0	DISS2	0,8	0,0	0,0	OK
M8-w 1	10,2	DISS2	12,6	0,0	1,7	OK
M10-bfl 1	28,0	DISS1	95,8	0,0	0,0	OK
M10-tfl 1	28,0	DISS2	196,8	0,0	0,0	OK
M10-w 1	14,5	DISS2	319,8	0,0	0,0	OK
CPL1a	30,0	DISS2	338,3	0,1	25,7	OK
CPL1b	20,0	DISS2	305,2	0,0	0,0	OK
CPL1c	20,0	DISS2	338,4	0,1	69,2	OK
CPL1d	20,0	DISS2	338,4	0,1	68,0	OK
CPL2a	20,0	DISS2	313,2	0,0	0,0	OK
CPL2b	20,0	DISS2	338,7	0,3	29,0	OK
CPL2c	20,0	DISS2	338,7	0,3	28,6	OK
IRR1a	12,0	DISS2	129,6	0,0	0,0	OK
IRR1b	12,0	DISS2	130,8	0,0	0,0	OK
IRR1c	12,0	DISS2	86,9	0,0	0,0	OK
IRR1d	12,0	DISS2	86,9	0,0	0,0	OK
IRR1e	12,0	DISS2	72,4	0,0	0,0	OK
IRR1f	12,0	DISS2	72,4	0,0	0,0	OK
SP1	10,0	DISS2	233,6	0,0	0,0	OK
SP2	10,0	DISS2	138,2	0,0	0,0	OK
SP3	10,0	DISS2	139,0	0,0	0,0	OK
SP5	10,0	DISS2	233,1	0,0	0,0	OK
SP6	10,0	DISS2	138,4	0,0	0,0	OK
SP7	10,0	DISS2	139,2	0,0	0,0	OK
SP10	28,0	DISS2	286,9	0,2	0,0	OK
SP11	28,0	DISS2	318,3	0,0	0,0	OK
SP12	28,0	DISS2	195,7	0,0	0,0	OK
SP13	28,0	DISS2	119,0	0,0	0,0	OK
SP14	10,0	DISS1	41,5	0,0	1,9	OK
SP15	10,0	DISS2	41,0	0,0	0,0	OK
SP16	10,0	DISS2	16,9	0,0	1,7	OK
CPL3a	10,0	DISS2	66,4	0,0	3,3	OK
CPL3b	10,0	DISS1	29,9	0,0	1,9	OK

Dati Progetto

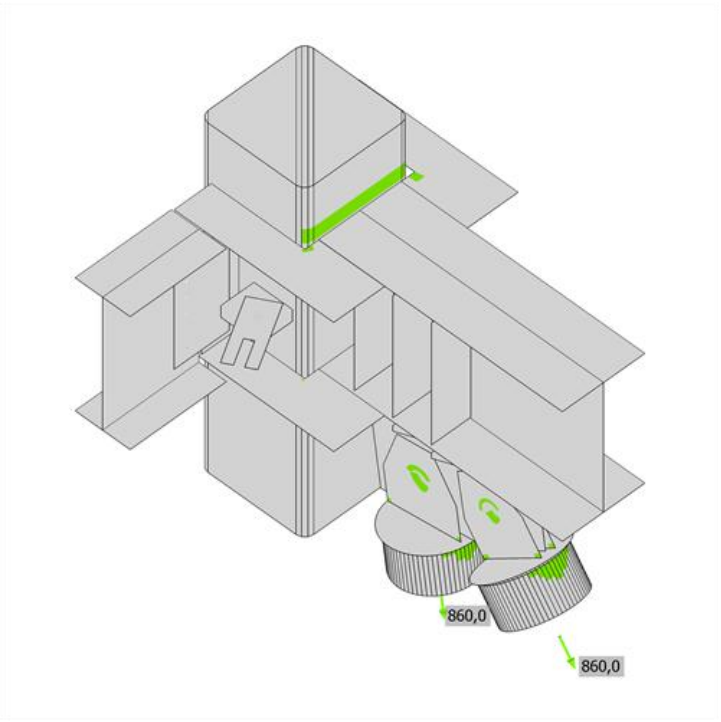
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Deformazione loc.

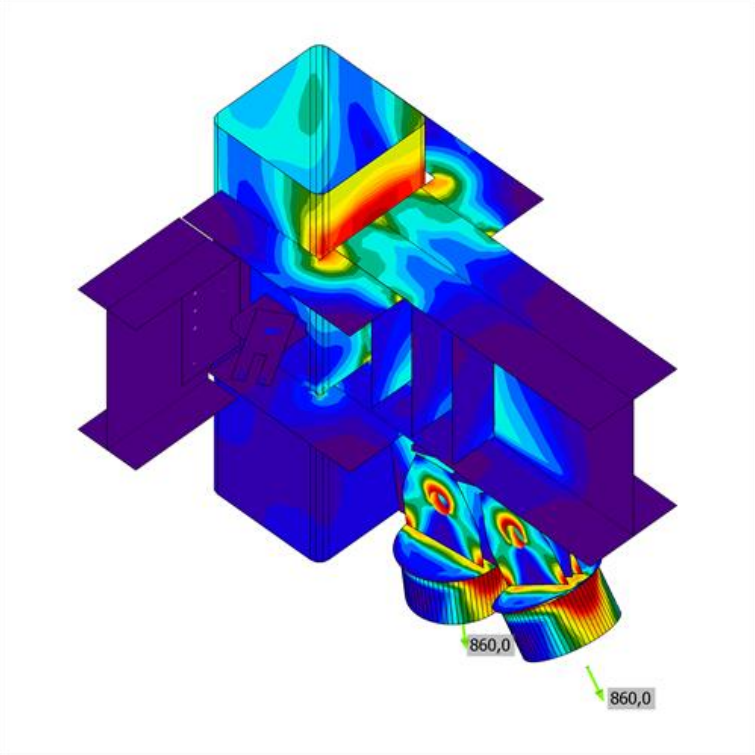
Nome	d_0 [mm]	Carichi	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	δ/d_0 [%]	Verifica Stato
M2	273	DISS1	0	8	0,1	OK
M3	273	DISS1	0	8	0,1	OK
M5	400	DISS2	0	12	0,1	OK



Verifica globale, DISS1

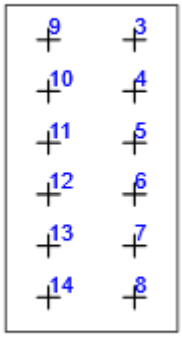


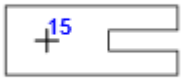
Verifica deformazione, DISS1



Sforzo equivalente, DISS1

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B3	M20 8.8 - 1	DISS1	0,7	0,6	125,8	0,5	0,6	0,9	OK	OK
	B4	M20 8.8 - 1	DISS2	0,0	0,3	166,1	0,0	0,4	0,4	OK	OK
	B5	M20 8.8 - 1	DISS1	0,1	0,1	125,8	0,0	0,1	0,1	OK	OK
	B6	M20 8.8 - 1	DISS1	0,1	0,1	196,0	0,0	0,1	0,1	OK	OK
	B7	M20 8.8 - 1	DISS1	0,1	0,3	166,1	0,0	0,3	0,4	OK	OK
	B8	M20 8.8 - 1	DISS2	1,1	0,6	125,8	0,8	0,6	1,2	OK	OK
	B9	M20 8.8 - 1	DISS2	1,2	0,8	166,1	0,9	0,9	1,5	OK	OK
	B10	M20 8.8 - 1	DISS2	0,3	0,3	166,1	0,2	0,3	0,4	OK	OK
	B11	M20 8.8 - 1	DISS2	0,2	0,1	100,6	0,1	0,1	0,2	OK	OK
	B12	M20 8.8 - 1	DISS2	0,1	0,3	100,6	0,1	0,3	0,4	OK	OK
	B13	M20 8.8 - 1	DISS2	0,2	0,4	100,6	0,2	0,4	0,5	OK	OK
	B14	M20 8.8 - 1	DISS1	1,4	0,4	138,5	1,0	0,4	1,1	OK	OK

	B15	M27 8.8 - 2	DISS1	2,2	1,8	147,0	0,8	1,2	1,6	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M20 8.8 - 1	141,1	234,7	94,1
M27 8.8 - 2	264,4	318,5	176,3

Cerniere

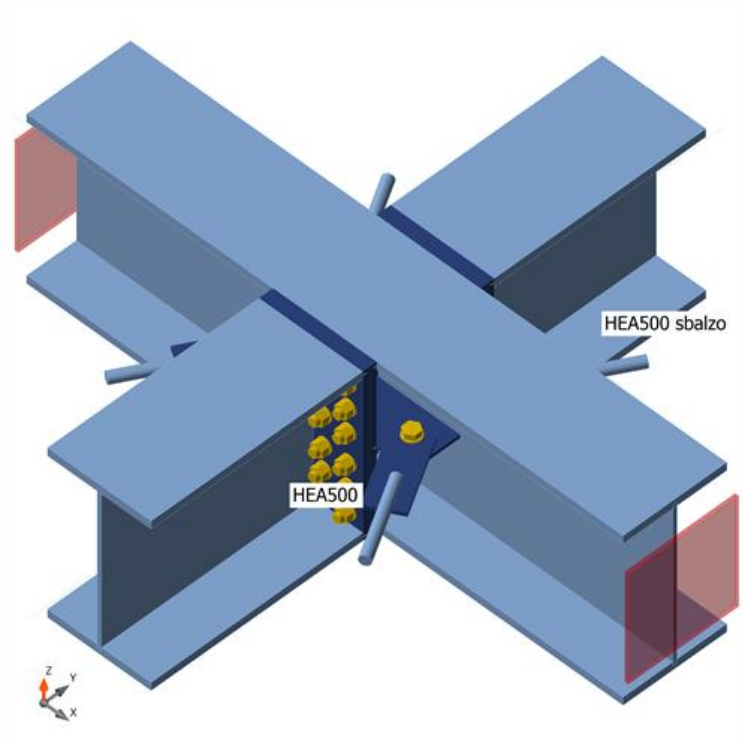
Elemento	Classe	Carichi	$F_{v,Ed}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$F_{v,Rd}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	Ut_s [%]	Ut_b [%]	Ut_{sb} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
P1	D60 Modifica di S 450	DISS1	430,0	7,5	1194,3	912,9	19,7	94,2	38,2	27,6	OK	OK
P2	D60 Modifica di S 450	DISS1	430,0	7,5	1194,3	912,9	19,7	94,2	38,2	27,6	OK	OK

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
CPL1b	CPL1c	-	268	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	CPL1d	-	268	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	CPL2b	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	CPL2c	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	SP10	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	CPL1a	-	626	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1a	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1a	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1a	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1b	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1b	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1b	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1c	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1c	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1c	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1d	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1d	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1d	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1e	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1e	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1e	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	IRR1f	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-w 1	IRR1f	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	IRR1f	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP1	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP1	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP2	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP2	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP3	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP3	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP5	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP5	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP6	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

M10-bfl 1	SP6	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1a	SP7	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP7	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-tfl 1	SP11	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP12	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M10-bfl 1	SP13	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 4	CPL3a	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	SP12	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 4	SP12	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	SP13	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 2	SP13	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	SP10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 4	SP10	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	SP11	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 2	SP11	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SP10	SP14	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SP12	SP14	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 4	SP14	-	442	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SP11	SP15	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SP13	SP15	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 2	SP15	-	442	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL3b	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL3b	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL1b	M2-arc 1	-	826	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
CPL2a	M3-arc 1	-	826	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	M10-bfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	M10-tfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
M5-w 1	M10-w 1	-	472	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

18.9. Gantry esterno - Dettaglio trave secondaria HEA 500 nella zona a sbalzo.



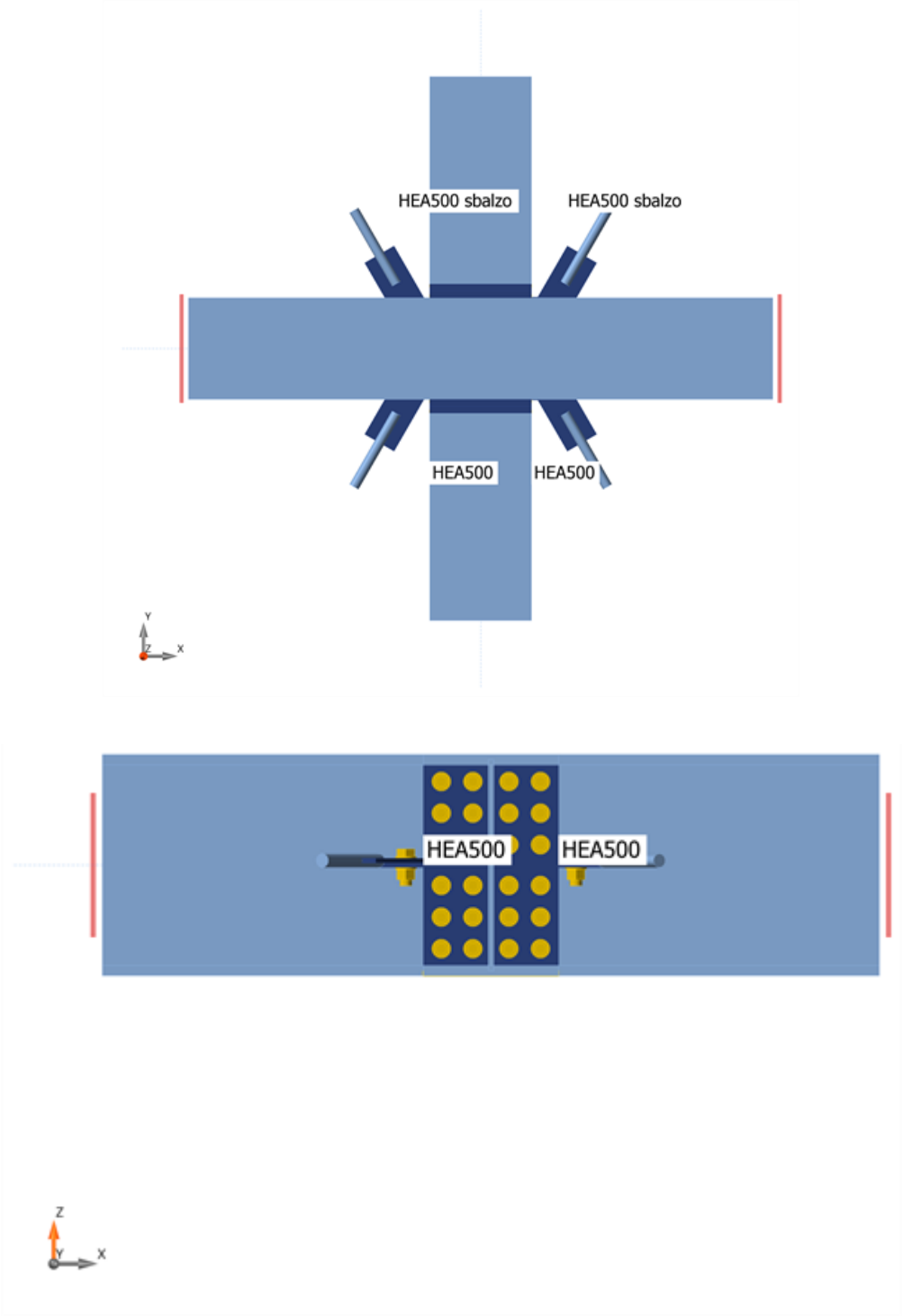
Membrature

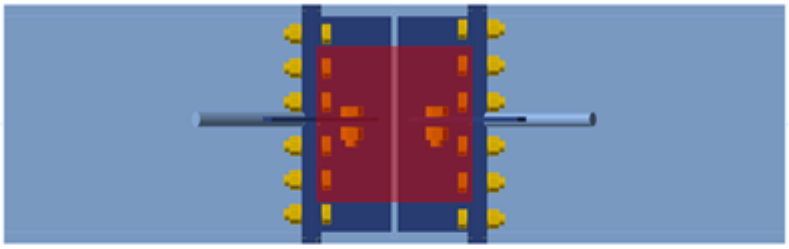
Geometria

Nome	Sezione	β – Direzione [°]	γ - Pendenza [°]	α - Rotazione [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
HEA500 MAIN	1 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	-100
HEA500	2 - CON1(IPE500)(HEA500)	-90,0	0,0	0,0	0	0	-100
HEA500 sbalzo	2 - CON1(IPE500)(HEA500)	90,0	0,0	0,0	0	0	-100
C01	4 - Ø30(Cerchio 30)	-60,0	0,0	0,0	70	120	-80
C02	4 - Ø30(Cerchio 30)	60,0	0,0	0,0	70	-120	-80
C03	4 - Ø30(Cerchio 30)	-120,0	0,0	0,0	70	-120	-80
C04	4 - Ø30(Cerchio 30)	120,0	0,0	0,0	70	120	-100

Vincoli e forze

Nome	Appoggio	Forze in	X [mm]
HEA500 MAIN / inizio	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
HEA500 MAIN / fine	N-Vy-Vz-Mx-My-Mz	Nodo	0
HEA500 / fine		Nodo	0
HEA500 sbalzo / fine		Nodo	0

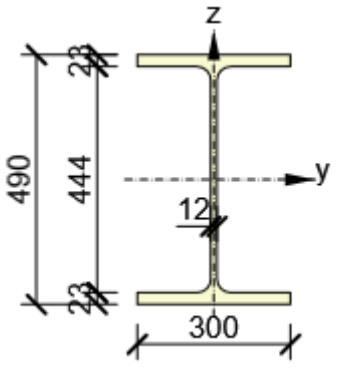

HEA500 sbalzo
HEA500 sbalzo
HEA500
HEA500
HEA500
HEA500

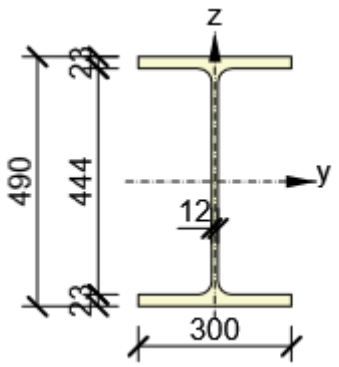
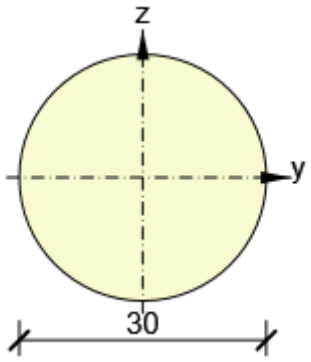


Sezioni

Nome	Materiale
1 - HEA500	S 355
2 - CON1(IPE500)(HEA500)	S 355
4 - Ø30(Cerchio 30)	S 355

Sezioni

Nome	Materiale	Disegno
1 - HEA500	S 355	

2 - CON1(IPE500)(HEA500)	S 355	
4 - Ø30(Cerchio 30)	S 355	

Bulloni

Nome	Diametro [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Superficie lorda [mm²]
M24 8.8	24	640,0	800,0	452
M27 8.8	27	640,0	800,0	573

Effetti del carico (Equilibrio non richiesto)

Nome	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE6	HEA500 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	HEA500 sbalzo / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	C01 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	C02 / Fine	160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	C03 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	C04 / Fine	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Verifica

Riassunto

Nome	Valore	Verifica Stato
Analisi	100,0%	OK
Piastre	1,3 < 5,0%	OK
Bulloni	98,9 < 100%	OK
Saldature	0,0 < 100%	OK

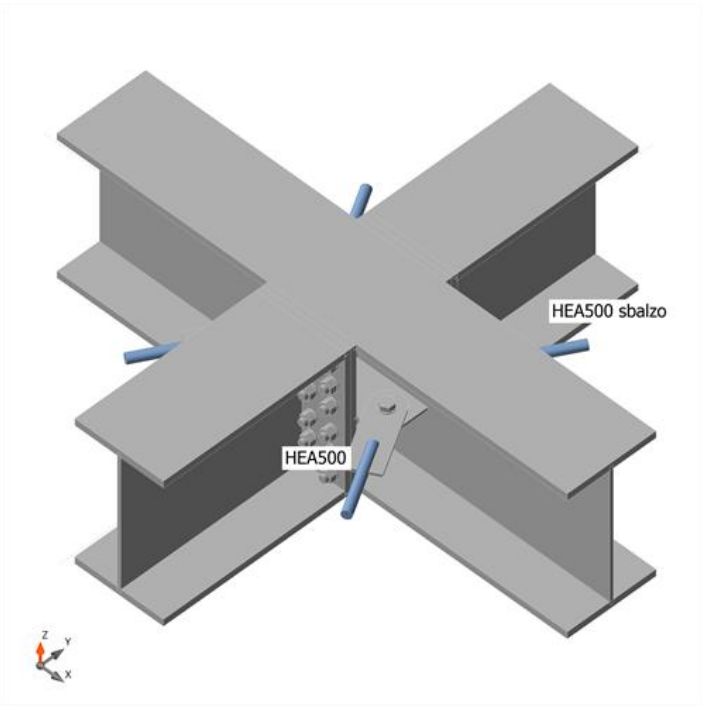
Stabilità	Non calcolato	

Piastre

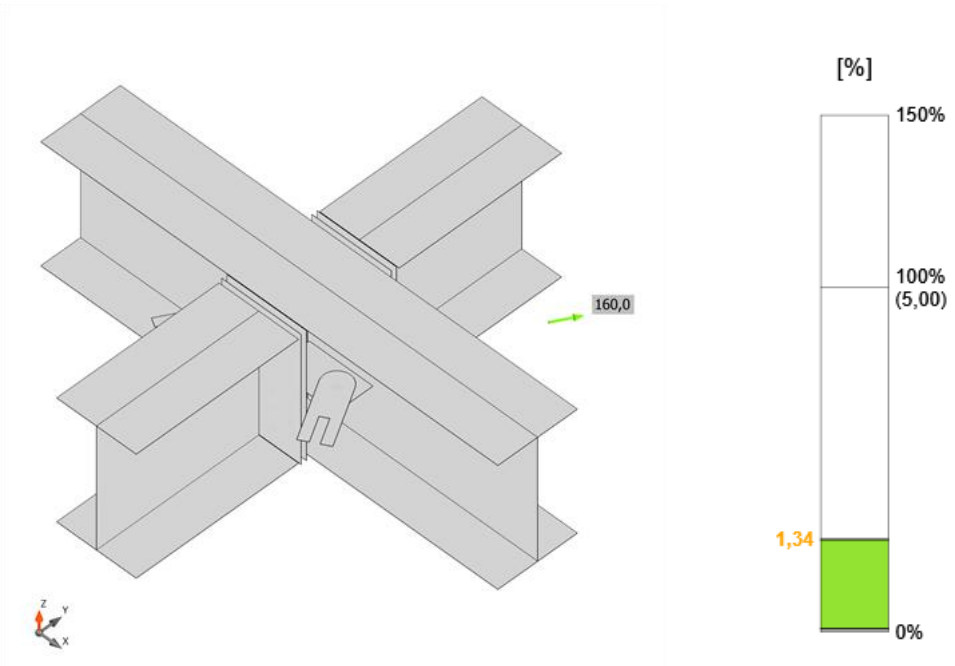
Nome	t_p [mm]	Carichi	σ_{Ed} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Stato
HEA500 MAIN-bfl 1	23,0	LE6	147,7	0,0	0,0	OK
HEA500 MAIN-tfl 1	23,0	LE6	154,4	0,0	0,0	OK
HEA500 MAIN-w 1	12,0	LE6	52,2	0,0	0,0	OK
HEA500 -bfl 1	23,0	LE6	9,5	0,0	0,0	OK
HEA500 -tfl 1	23,0	LE6	9,9	0,0	0,0	OK
HEA500 -w 1	12,0	LE6	8,3	0,0	0,0	OK
HEA500 sbalzo-bfl 1	23,0	LE6	11,4	0,0	0,0	OK
HEA500 sbalzo-tfl 1	23,0	LE6	11,4	0,0	0,0	OK
HEA500 sbalzo-w 1	12,0	LE6	43,5	0,0	0,0	OK
SEP1a	20,0	LE6	94,6	0,0	18,1	OK
SEP1b	20,0	LE6	15,2	0,0	18,1	OK
IRR2a	20,0	LE6	76,6	0,0	0,0	OK
IRR2b	20,0	LE6	36,0	0,0	0,0	OK
SEP2a	20,0	LE6	175,0	0,0	14,5	OK
SEP2b	20,0	LE6	98,0	0,0	14,5	OK
SP1a	10,0	LE6	61,1	0,0	1,4	OK
SP1b	10,0	LE6	230,7	0,0	0,7	OK
SP2a	10,0	LE6	340,9	1,3	58,8	OK
SP2b	10,0	LE6	38,2	0,0	1,1	OK
CPL1	10,0	LE6	25,5	0,0	0,7	OK
CPL2	10,0	LE6	25,3	0,0	0,6	OK
CPL3	10,0	LE6	339,2	0,5	55,4	OK
CPL4	10,0	LE6	26,7	0,0	1,3	OK

Dati Progetto

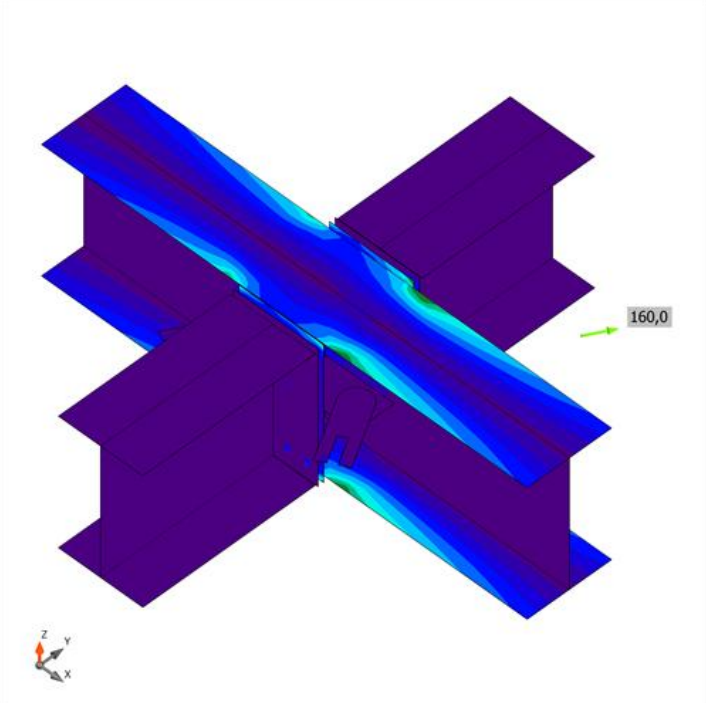
Materiale	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0



Verifica globale, LE6

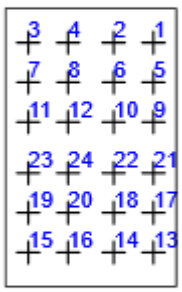


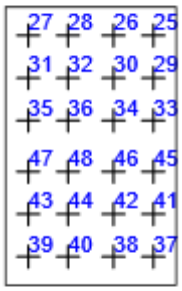
Verifica deformazione, LE6

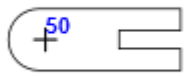
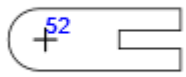


Sforzo equivalente, LE6

Bulloni

Forma	Elemento	Classe	Carichi	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	Ut_{ts} [%]	Dettagli costruttivi	Stato
	B1	M24 8.8 - 1	LE6	0,6	2,3	199,7	0,3	1,7	1,9	OK	OK
	B2	M24 8.8 - 1	LE6	3,7	1,3	403,5	1,8	0,9	2,2	OK	OK
	B3	M24 8.8 - 1	LE6	0,4	1,5	199,7	0,2	1,1	1,2	OK	OK
	B4	M24 8.8 - 1	LE6	3,5	1,0	361,8	1,7	0,7	2,0	OK	OK
	B5	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	0,3	252,1	0,0	0,2	0,2	OK	OK
	B6	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	0,6	252,1	0,2	0,5	0,6	OK	OK
	B7	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	0,4	252,1	0,0	0,3	0,3	OK	OK
	B8	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	0,8	252,1	0,2	0,6	0,7	OK	OK
	B9	M24 8.8 - 1	LE6	0,6	0,5	199,7	0,3	0,3	0,5	OK	OK
	B10	M24 8.8 - 1	LE6	5,0	0,8	470,4	2,5	0,6	2,3	OK	OK
	B11	M24 8.8 - 1	LE6	0,8	0,4	302,1	0,4	0,3	0,6	OK	OK
	B12	M24 8.8 - 1	LE6	5,2	0,6	252,1	2,6	0,4	2,3	OK	OK
	B13	M24 8.8 - 1	LE6	0,6	2,2	199,7	0,3	1,6	1,9	OK	OK
	B14	M24 8.8 - 1	LE6	3,6	1,2	402,2	1,8	0,9	2,2	OK	OK
	B15	M24 8.8	LE6	0,4	1,4	199,7	0,2	1,0	1,2	OK	OK

		- 1									
	B16	M24 8.8 - 1	LE6	3,3	1,0	361,8	1,6	0,7	1,9	OK	OK
	B17	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	0,3	252,1	0,0	0,2	0,2	OK	OK
	B18	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	0,6	252,1	0,2	0,5	0,6	OK	OK
	B19	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	0,4	252,1	0,0	0,3	0,3	OK	OK
	B20	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	0,8	252,1	0,2	0,6	0,7	OK	OK
	B21	M24 8.8 - 1	LE6	0,6	0,5	199,7	0,3	0,3	0,6	OK	OK
	B22	M24 8.8 - 1	LE6	5,1	0,8	470,4	2,5	0,6	2,3	OK	OK
	B23	M24 8.8 - 1	LE6	0,7	0,4	292,9	0,4	0,3	0,6	OK	OK
	B24	M24 8.8 - 1	LE6	5,3	0,6	252,1	2,6	0,4	2,3	OK	OK
	B25	M24 8.8 - 1	LE6	14,0	4,8	225,6	6,9	3,6	8,5	OK	OK
	B26	M24 8.8 - 1	LE6	5,9	3,5	361,4	2,9	2,6	4,7	OK	OK
	B27	M24 8.8 - 1	LE6	5,4	0,6	241,2	2,6	0,4	2,3	OK	OK
	B28	M24 8.8 - 1	LE6	3,7	1,9	318,0	1,8	1,4	2,7	OK	OK
	B29	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	3,7	297,6	0,0	2,7	2,7	OK	OK
	B30	M24 8.8 - 1	LE6	0,7	2,4	470,4	0,3	1,7	2,0	OK	OK
	B31	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	1,4	225,6	0,0	1,1	1,1	OK	OK
	B32	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	1,3	470,4	0,1	1,0	1,1	OK	OK
	B33	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	7,4	241,2	0,0	5,5	5,5	OK	OK
	B34	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	5,4	284,9	0,0	4,0	4,0	OK	OK
	B35	M24 8.8 - 1	LE6	0,1	1,9	225,6	0,0	1,4	1,4	OK	OK
	B36	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	0,9	470,4	0,0	0,7	0,7	OK	OK
	B37	M24 8.8 - 1	LE6	13,2	4,7	225,6	6,5	3,5	8,1	OK	OK
	B38	M24 8.8 - 1	LE6	5,6	3,4	364,3	2,7	2,5	4,5	OK	OK
	B39	M24 8.8 - 1	LE6	5,2	0,6	241,3	2,6	0,4	2,2	OK	OK
	B40	M24 8.8 - 1	LE6	3,6	1,9	316,8	1,8	1,4	2,6	OK	OK
	B41	M24 8.8 - 1	LE6	0,1	3,3	306,1	0,0	2,4	2,5	OK	OK
	B42	M24 8.8 - 1	LE6	0,3	2,2	277,0	0,2	1,6	1,7	OK	OK
	B43	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	1,4	225,6	0,0	1,0	1,0	OK	OK
	B44	M24 8.8 - 1	LE6	0,4	1,3	470,4	0,2	1,0	1,1	OK	OK
	B45	M24 8.8 - 1	LE6	0,9	7,6	241,2	0,4	5,6	5,9	OK	OK
	B46	M24 8.8 - 1	LE6	0,0	5,1	304,6	0,0	3,8	3,8	OK	OK
	B47	M24 8.8 - 1	LE6	0,1	1,8	225,6	0,0	1,3	1,3	OK	OK
	B48	M24 8.8 - 1	LE6	0,1	0,9	470,4	0,0	0,7	0,7	OK	OK

	B49	M27 8.8 - 2	LE6	0,8	1,7	147,0	0,3	1,1	1,2	OK	OK
	B50	M27 8.8 - 2	LE6	0,6	1,6	147,0	0,2	1,1	1,1	OK	OK
	B51	M27 8.8 - 2	LE6	30,1	160,0	172,6	11,4	92,7	98,9	OK	OK
	B52	M27 8.8 - 2	LE6	0,4	1,7	147,0	0,1	1,2	1,1	OK	OK

Dati Progetto

Classe	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 8.8 - 1	203,3	561,4	135,6
M27 8.8 - 2	264,4	318,5	176,3

Saldature

Elemento	Bordo	T_w [mm]	L [mm]	Carichi	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Dettagli costruttivi	Stato
SEP1a	HEA500 MAIN-tfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1a	HEA500 MAIN-bfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1b	HEA500 - bfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1b	HEA500 - tfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1b	HEA500 - w 1	-	467	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-bfl 1	IRR2a	-	144	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-w 1	IRR2a	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-tfl 1	IRR2a	-	144	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-bfl 1	IRR2b	-	144	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

HEA500 MAIN-w 1	IRR2b	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-tfl 1	IRR2b	-	144	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2a	HEA500 MAIN-tfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2a	HEA500 MAIN-bfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2b	HEA500 sbalzo-bfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2b	HEA500 sbalzo-tfl 1	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2b	HEA500 sbalzo-w 1	-	467	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2a	IRR2a	-	444	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-bfl 1	SEP1a	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-w 1	SP1a	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
HEA500 MAIN-w 1	SP1b	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
IRR2b	SP1a	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1a	SP1a	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
IRR2a	SP1b	-	143	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2a	SP1b	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
IRR2b	SP2b	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP1a	SP2b	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
IRR2a	SP2a	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
SEP2a	SP2a	-	140	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL1	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL1	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL2	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL2	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL3	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL3	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL4	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
	CPL4	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

19. VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO.

Di seguito sono indicate le verifiche strutturali relative agli elementi in acciaio.

19.1. Introduzione

In questo capitolo sono presentate le verifiche di resistenza al fuoco degli elementi tipologici maggiormente sollecitati che costituiscono le strutture del gantry esterno e del gantry in copertura dell'edificio D.

19.2. Norme di Riferimento

- UNI EN 1993-1-1 – EUROCODE 3: Progettazione di strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-2 – EUROCODE 3: Progettazione di strutture in acciaio – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione antincendio strutturale
- UNI 5398 – Prodotti finiti di acciaio laminato a caldo – Travi IPE con anime parallele – Dimensioni e tolleranze
- Travi a I con anime parallele: Dimensioni: IPE 80–600 conformi alla norma Euronorm 19-57; IPE A 80–600; IPE O 180–600; IPE 750, Tolleranze: EN 10034:1993, Condizioni superficiali conformi alla norma EN 10163-3:2004, classe C, sottoclasse 1
- Decreto Ministeriale 31.07.2012 – Approvazione degli Allegati Nazionali contenenti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici.

19.3. Metodo di calcolo

Lo scopo di questo capitolo è la valutazione analitica della resistenza al fuoco, in relazione alla capacità portante, dell'elemento strutturale in acciaio.

La valutazione della resistenza al fuoco, in conformità con i requisiti dell'Eurocodice 3, è stata effettuata seguendo le fasi riportate di seguito:

- Valutazione della variazione della temperatura dell'elemento in funzione del tempo di esposizione al fuoco;
- Valutazione della variazione della capacità portante dell'elemento in funzione della sua temperatura;
- Verifica della capacità portante limite mediante il metodo semi-probabilistico dello stato limite ultimo.

Le azioni sull'elemento strutturale, in base alle quali viene effettuata la verifica della resistenza al fuoco, sono state determinate secondo la norma EN 1991-1-2, tenendo conto delle condizioni più critiche:

$$F_{fi,d} = \gamma_{GA}\, G_k + \psi_{1,1}\, Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i}\, Q_{k,i} + \Sigma A_d\,(t)$$

Dove:

- $F_{fi,d}$ = Azione di progetto corrispondente alla combinazione eccezionale di carico da incendio
- G_K = Valore caratteristico delle azioni permanenti
- $Q_{K,1}$ = Valore caratteristico dell'azione variabile considerata principale
- $Q_{K,i}$ = Valori caratteristici delle altre azioni variabili
- $A_d(t)$ = Valori di progetto delle azioni derivanti dall'esposizione al fuoco
- $\gamma_{G,A}$ = Coefficiente di sicurezza parziale per le azioni permanenti in situazioni eccezionali
- $\psi_{1,1}$ = Coefficiente di combinazione per l'azione variabile principale
- $\psi_{2,i}$ = Coefficiente di combinazione per le azioni variabili secondarie

Non si tiene conto delle azioni sismiche e dinamiche, poiché è ragionevole ritenere che non siano presenti durante un incendio (UNI EN 1991-1-2).

19.4. Determinazione della variazione di temperatura

Sono state adottate le seguenti ipotesi di base:

- La conducibilità termica dell'acciaio è stata considerata infinita; pertanto, si è ipotizzato che la temperatura all'interno dell'elemento fosse distribuita uniformemente.
- Si è ipotizzato che il comportamento dell'acciaio a qualsiasi temperatura fosse idealmente elastoplastico.

La resistenza al fuoco della struttura in acciaio è stata determinata calcolando il tempo necessario affinché la struttura raggiunga la temperatura critica, secondo la procedura descritta nella norma UNI EN 1993-1-2. In particolare, il calcolo della temperatura è stato effettuato stabilendo un bilancio energetico tra l'energia termica trasmessa all'elemento dai gas di combustione e l'aumento dell'energia interna dell'elemento.

Si è ipotizzato che non vi siano perdite di energia attraverso l'elemento. In questo caso, il flusso termico trasmesso all'elemento per unità di lunghezza è dato da:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = K \times S \times (\vartheta_t - \vartheta_a)$$

Dove:

- Q = energia termica trasmessa all'elemento per unità di lunghezza [J/m]
- K = coefficiente di trasmissione termica globale [J/m²°C]
- S = superficie dell'elemento esposta al fuoco per unità di lunghezza [m²/m]
- t = tempo di esposizione al fuoco [s]
- θ_t = Temperatura dei gas nel compartimento antincendio secondo la curva selezionata [°C]
- θ_α = temperatura dell'elemento [°C]

L'incremento dell'energia interna dell'elemento viene quindi calcolato come:

$$\Delta Q = \rho_\alpha \cdot C_\alpha \cdot V \cdot \Delta\theta_\alpha$$

Dove:

- ΔQ = incremento di energia interna per unità di lunghezza [J/m]
- ρ_α = densità dell'acciaio [kg/m³]
- C_α = calore specifico dell'acciaio [J/kg°C]
- V = Volume dell'elemento per unità di lunghezza [m³/m]
- $\Delta\theta_\alpha$ = incremento di temperatura dell'elemento [°C]

Infine, la temperatura raggiunta dall'elemento durante l'esposizione al fuoco viene calcolata in modo incrementale su un intervallo di tempo Δt.

Per i profili:

- 1_PRINCIPALE – GANTRY ESTERNO [HEA 500]
- 2_SECONDARIA – GANTRY ESTERNO [IPE 500]
- 3_PRINCIPALE – GANTRY IN COPERTURA [HD 435 × 463]
- 4_SECONDARIA – GANTRY IN COPERTURA [HEA 400],

nel caso della sezione non protetta, il calcolo della temperatura è regolato da:

$$\theta_\alpha = \frac{K_{sh} \cdot A_m}{V} \cdot \frac{h_{net,d} \cdot \Delta t}{\rho_\alpha \cdot C_\alpha}$$

Dove:

- K_{sh} = fattore di correzione per l'effetto di oscuramento
- A_m/V = Fattore di sezione per elementi in acciaio non protetti [1/m]
- A_m = superficie dell'elemento per unità di lunghezza [m²/m]
- V = volume dell'elemento per unità di lunghezza [m³/m]
- C_α = calore specifico dell'acciaio, in funzione della temperatura [J/kg·K]
- $h_{net,d}$ = valore di progetto del flusso termico per unità di superficie [W/m²]
- Δt = Intervallo di tempo [s]
- ρ_α = densità dell'acciaio [kg/m³]

Questa procedura consente di determinare in modo incrementale la temperatura dell'elemento nel corso dell'esposizione al fuoco.

$$\dot{h}_{net,d} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}$$
$$dove$$
$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c * (\Theta_g - \Theta_m)$$
$$\dot{h}_{net,r} = \Phi * \varepsilon_m * \varepsilon_f * \sigma * [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4)]$$

Where:

- α_c = coefficiente di trasferimento termico per convezione [W/m²°C]
- θ_g = temperatura del gas in prossimità dell'elemento esposto al fuoco [°C]
- θ_m = la temperatura superficiale dell'elemento [°C]

- Φ = fattore di configurazione
- ε_m = emissività superficiale dell'elemento
- ε_f = emissività del fuoco
- σ = Costante Stefan–Boltzmann (5.67×10^{-8} W/m²·K⁴)
- θ_r = temperatura effettiva di irraggiamento del compartimento antincendio [°C]
- θ_m = la temperatura superficiale dell'elemento [°C]

Nel presente calcolo si è assunto che:

Sezione	α_c [W/m²°C]	Φ	ε_m	ε_f	K_{sh}	A_m/V [1/cm]	A_m [cm²]	Perimetro esposto al fuoco [m]	Type
1_PRINCIPALE-GANTRY ESTERNO [HEA 500]	25	1	0,7	1	0,67405	0	HEA	2,10965	H 500 x 155
2_SECONDARIA-GANTRY ESTERNO [IPE 500]	25	1	0,7	1	0,72581	0	116	1,736	I 500 x 90.7
3_PRINCIPALE-GANTRY IN COPERTURA[HD 435 x 463]	25	1	0,7	1	0,66623	0	589,5	2,2884	HD 435 x 463
4_SECONDARIA - GANTRY IN COPERTURA[HEA 400]	25	1	0,7	1	0,6497	0	HEA	1,91165	H 400 x 125

19.5. Calcolo della temperatura critica

La temperatura critica dell'elemento strutturale è definita come la temperatura dell'elemento corrispondente allo stato limite ultimo di collasso.

La temperatura critica dipende dal livello di sollecitazione e dalla configurazione strutturale dell'elemento. Lo stato limite ultimo viene calcolato, in funzione della variazione della resistenza meccanica dell'acciaio al variare della temperatura, utilizzando la relazione:

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

Dove il calcolo viene effettuato al tempo t = 0, ovvero a temperatura ambiente (20 °C), con un coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_M = \gamma_{M,fi} = 1$ e tenendo conto delle condizioni al contorno relative alla situazione di incendio, nonché della classe della sezione.

Per le sezioni di classe 1, 2 e 3, con μ_0 compreso tra 0,22 e 0,80 e entro i limiti sopra indicati, la temperatura critica viene determinata utilizzando la seguente formula:

$$\theta_{cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482$$

Per le sezioni di classe 4, la temperatura critica è limitata a 350 °C.

L'acciaio utilizzato per l'elemento strutturale ha le seguenti caratteristiche:

Sezione	Profilo	Tipo di acciaio	Snervamento [daN / cm]	Coefficiente	Protezione
2_SECONDARIA-GANTRY ESTERNO [IPE 500]	I 500 x 90.7	S 355	3550	25	NO
1_PRINCIPALE- GANTRY ESTERNO [HEA 500]	H 500 x 155	S 355	3550	25	NO
3_PRINCIPALE – GANTRY IN COPERTURA [HD 435 x 463]	HD 435 x 463	S 355	3550	25	NO
4_SECONDARIA - GANTRY IN COPERTURA [HEA 400]	H 400 x 125	S 355	3550	25	NO

Dove:

- Coefficiente: coefficiente di trasferimento di calore convettivo [W/m²K]
- Tipo di acciaio: acciaio laminato a caldo

La densità dell'acciaio è P_a = 7850 [kg/m^3], indipendentemente dalla temperatura.

Il calore specifico dell'acciaio è:

$$c_a = 425 + 7{,}73\times10^{-1}\theta - 1{,}69\times10^{-3}\theta^2 + 2{,}22\times10^{-6}\theta^3 \left[\frac{J}{kg°C}\right] \quad \text{per } 20\,°C \le \theta < 600°C$$

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738-\theta}\left[\frac{J}{kg°C}\right] \quad \text{per } 600\,°C \le \theta < 735°C$$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta-731}\left[\frac{J}{kg°C}\right] \quad \text{per } 735\,°C \le \theta < 900°C$$

$$c_a = 650\left[\frac{J}{kg°C}\right] \quad \text{per } 900\,°C \le \theta < 1200°C$$

dove θ è la temperatura dell'acciaio [°C].

Le condizioni al contorno degli elementi strutturali sono le seguenti:

Sezione	Tipo di supporto	Lunghezza elemento [cm]	Coefficiente di ritenuta	Lunghezza di vincolo torsionale [cm]	Ingobbamento [KW]
1_PRINCIPALE-GANTRY ESTERNO HEA 500]	Incastro - Incastro	620	1	155	NO
2_SECONDARIA-GANTRY ESTERNO [IPE 500]	Cerniera - Cerniera	1060	0,5	210	NO
3_ PRINCIPALE – GANTRY IN COPERTURA [HD 435 x 463]	Incastro - Incastro	950	1	135	NO
4_ SECONDARIA GANTRY IN COPERTURA [HEA	Cerniera - Cerniera	1120	0,5	280	NO

400]					

19.6. Determinazione della resistenza al fuoco

Una volta determinata la temperatura critica di un elemento strutturale — definita come la temperatura corrispondente allo stato limite ultimo di collasso — è possibile determinare direttamente la resistenza al fuoco dell'elemento.

In realtà, la resistenza al fuoco è semplicemente il tempo necessario affinché l'elemento strutturale raggiunga la sua temperatura critica.

Sezione	Temperatura iniziale applicata [min]	Fase di calcolo [min]	Numero di fasi	Tempo di verifica [h]	Tipo di curva
2_SECONDARIA- GANTRY ESTERNO [IPE 500]	5	5	12	1	ISO834
1_PRINCIPALE- GANTRY ESTERNO [HEA 500]	5	5	12	1	ISO834
3_PRINCIPALE GANTRY IN COPERTURA [HD 435 x 463]	5	5	12	1	ISO834
4_SECONDARIA - GANTRY IN COPERTURA [HEA 400]	5	5	12	1	ISO834

19.7. Determinazione delle temperature

Per i profili:

- 1_PRINCIPALE – GANTRY ESTERNO [HEA 500]
- 2_SECONDARIA – – GANTRY ESTERNO [IPE 500]
- 3_PRINCIPALE – GANTRY IN COPERTURA [HD 435 × 463]
- 4_SECONDARIA – GANTRY IN COPERTURA [HEA 400]

Si utilizza la curva di incendio ISO 834, definita dalla seguente equazione:

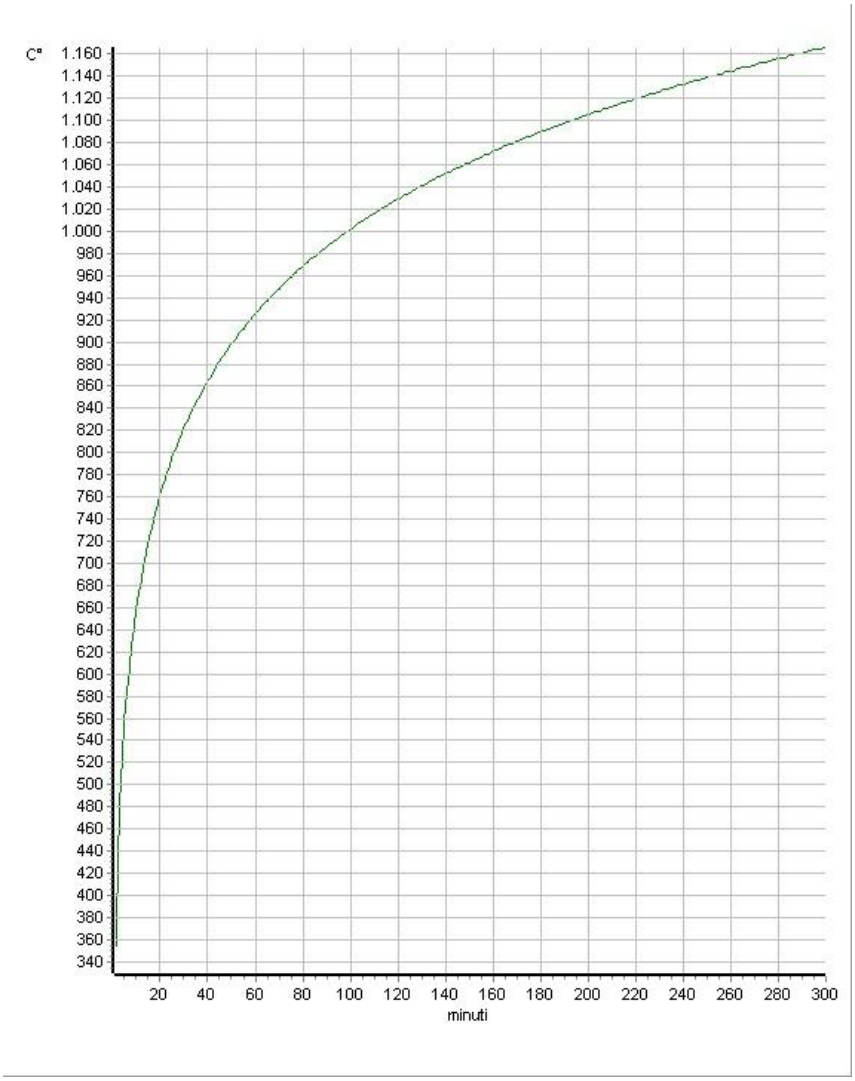
$$T = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

Dove:

- t = tempo [min]
- T = temperatura del gas nel vano compartimentato [°C]

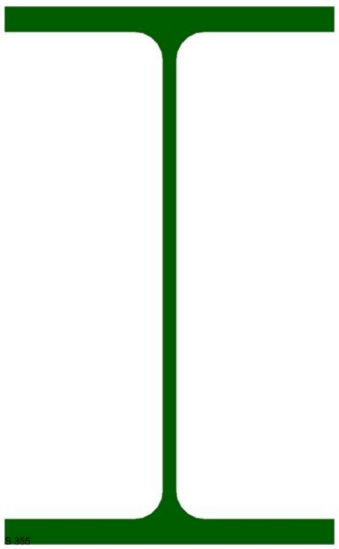
Ciò è conforme alla norma UNI EN 1991-1-2.

Di seguito è riportato il diagramma tempo-temperatura della curva sotto indicata:

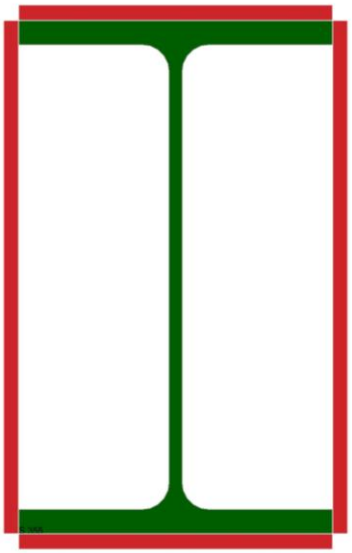


19.8. 1_PRINCIPALE – GANTRY ESTERNO [HEA 500]

La sezione dell'elemento strutturale è la seguente:



Le fiamme investono la sezione nel seguente modo:



Il calcolo è stato effettuato considerando contemporaneamente una condizione di carico.

Dati di carico:					
Descrizione	N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
Condizione di carico n. 1	3800	47000	-28500	0	0

Risultati del calcolo

La verifica della capacità portante di un elemento in acciaio è stata inoltre effettuata in conformità al punto 4.2.4, ovvero nell'ambito termico, confrontando la temperatura della sezione al tempo t con:

La temperatura critica al tempo t=0

La temperatura critica $\theta_{a,cr}$ della sezione al tempo t, calcolata utilizzando la formula indicata:

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482$$

Per verificare la capacità portante dopo un tempo t, è stata verificata la seguente condizione:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Dove:

$E_{fi,d}$ = effetto di progetto delle azioni in caso di incendio, determinato in conformità alla norma EN 1991-1-2

$R_{fi,d,t}$ = resistenza di progetto corrispondente dell'elemento in acciaio al tempo t in condizioni di incendio

Per le verifiche indicate al punto 4.2.3, $R_{fi,d,t}$ rappresenta Mfi,t,Rd, Nfi,t,Rd, etc., sia singolarmente che in combinazione, mentre i corrispondenti Mfi,Ed, Nfi,Ed, etc., rappresentano $E_{fi,d}$.

In conformità con gli allegati nazionali e con la norma UNI EN 1993-1-2, i coefficienti di sicurezza parziali γM sono fissati al valore raccomandato di 1.

Condizioni di carico:

Specifiche di carico:

N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
3800	47000	-28500	0	0

Elementi in tensione – Classe 1

La verifica degli elementi in tensione è stata effettuata in conformità al punto 4.2.3.1 della norma UNI EN 1993-1-2, con la resistenza di progetto $N_{fi,\theta,Rd}$ determinata come:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} * N_{Rd} * \left[\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi} \right]$$

Dove:

$k_{y,\theta}$ = fattore di riduzione del limite di snervamento dell'acciaio alla temperatura θ_a e al tempo t

N_{Rd} = resistenza di progetto della sezione trasversale a temperatura ambiente $N_{pl,Rd}$ secondo la norma EN 1993-1-1

Ipotesi per questo calcolo:

$k_{y,\theta} = 0.449$

Sezione: HEA [cm²]

fy=3550 daN/cm²

Nrd=702900 daN

Il coefficiente di sicurezza a trazione è pari a 0,012.

Sezioni trasversali di Classe 1 – Travi

La verifica di resistenza a flessione è stata eseguita in conformità al punto 4.2.3.3 della norma UNI EN 1993-1-2, con il momento di progetto $M_{fi,\theta,Rd}$ calcolato come:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} * M_{Rd} * \left[\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi} \right]$$

Dove:

$k_{y,\theta}$ = fattore di riduzione del limite di snervamento dell'acciaio alla temperatura θ_a e al tempo t

$M_{Rd} = M_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M,0}$ = resistenza al momento di flessione della sezione lorda a temperatura ambiente

Ipotesi per questo calcolo:

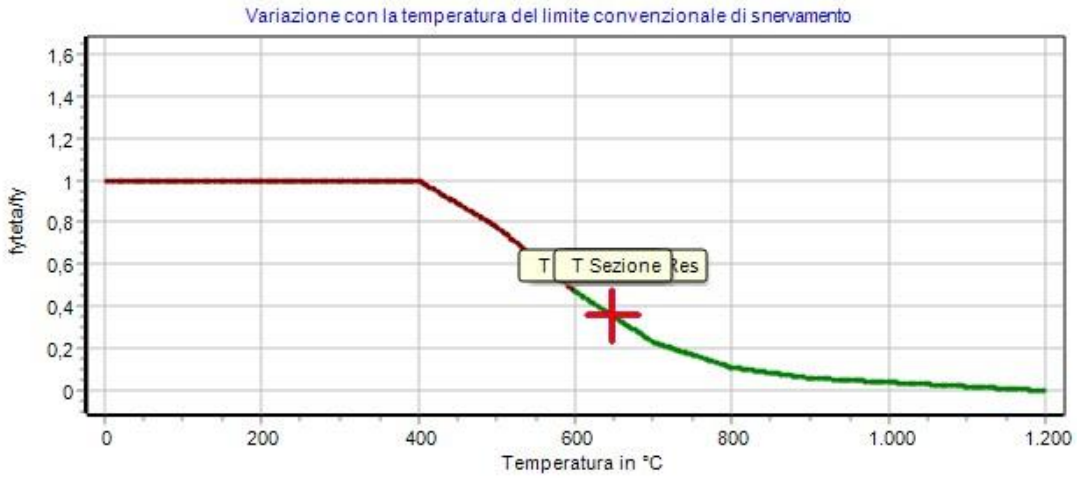
$k_{y,\theta} = 0.449$

Direzione X:

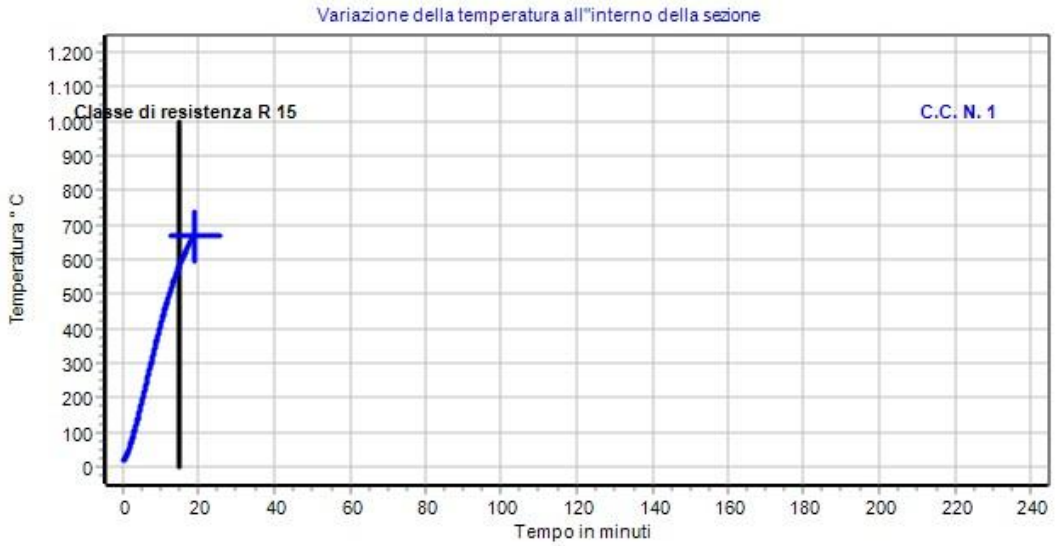
Mpl	3948.857	cm³
MRd	14018442.114	daN·m
MRd,θ	6292856.95	daN·m
VRd	405819.504	daN
Vpl,T,Rd	182171.747	daN
ρ	0	–
fy	3550	daN/cm²

Il coefficiente di sicurezza a trazione è pari a 0.747.

Conclusioni
Dai calcoli sono stati ottenuti i seguenti risultati:



I grafici mostrano:



Temperatura critica della sezione al tempo t = 0 min: 646,877 °C

Temperatura della sezione a t = 22 min: 646.794 °C

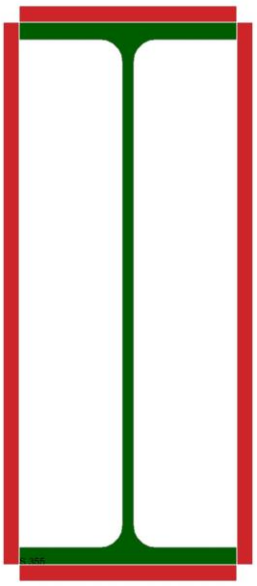
Metodo di verifica utilizzato: 4.2.4 – Verifica nel dominio della temperatura

Resistenza al fuoco strutturale: R20, con una temperatura della sezione di 608,792 °C e un fattore di resistenza di 0,747

19.9. 2_SECONDARIA –GANTRY ESTERNO [IPE 500]

La sezione degli elementi è la seguente:

Le fiamme investono la sezione nel seguente modo:



La verifica è stata effettuata considerando due condizioni di carico.

Casi di carico:					
Descrizione	**N [daN]**	**Mx [daN m]**	**Ty [daN m]**	**My [daN m]**	**Tx [daN m]**
Caso di carico 1	0	22200	0	0	0
Caso di carico 2	0	0	-9000	0	0

Risultati di calcolo

La verifica della capacità portante dell'elemento in acciaio è stata inoltre effettuata in conformità al punto 4.2.4, ovvero nell'intervallo di temperatura, confrontando la temperatura della sezione al tempo t con la temperatura critica al tempo t = 0 e la temperatura critica θa,cr della sezione al tempo t, calcolata utilizzando la formula prescritta:

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482$$

Per verificare la capacità portante dopo un tempo t, è stata verificata la seguente condizione:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Dove:

- Efi,d = effetto di progetto delle azioni in caso di incendio, determinato in conformità alla norma EN 1991-1-2
- Rfi,d,t = resistenza di progetto corrispondente dell'elemento in acciaio al tempo t in condizioni di incendio

Per le verifiche indicate al punto 4.2.3, $R_{fi,d,t}$ rappresenta Mfi,t,Rd, Nfi,t,Rd, etc., sia singolarmente che in combinazione, mentre i corrispondenti Mfi,Ed, Nfi,Ed, etc., rappresentano $E_{fi,d}$.

In conformità con gli allegati nazionali e con la norma UNI EN 1993-1-2, i coefficienti di sicurezza parziali γM sono fissati al valore raccomandato di 1.

Condizione di carico 1

Specifiche di carico:

N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
0	22200	0	0	0

Sezioni trasversali di Classe 1 – Travi

La verifica di resistenza a flessione è stata eseguita in conformità al punto 4.2.3.3 della norma UNI EN 1993-1-2, con il momento di progetto $M_{fi,\theta,Rd}$ calcolato come segue:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} * M_{Rd} * \left[\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi} \right]$$

Dove:

- ky,θ = fattore di riduzione del limite di snervamento dell'acciaio alla temperatura θa al tempo t
- MRd = Mpl * fy / γM,0 = resistenza al momento di flessione della sezione lorda a temperatura ambiente

Ipotesi di calcolo:

- ky,θ = 0,514

direzione X:

Mpl 2194,118 cm3

MRd 7789118,616 daN m

MRd,θ 4003157,985 daN m

VRd 237752,841 daN

Vpl,T,Rd 122191,256 daN

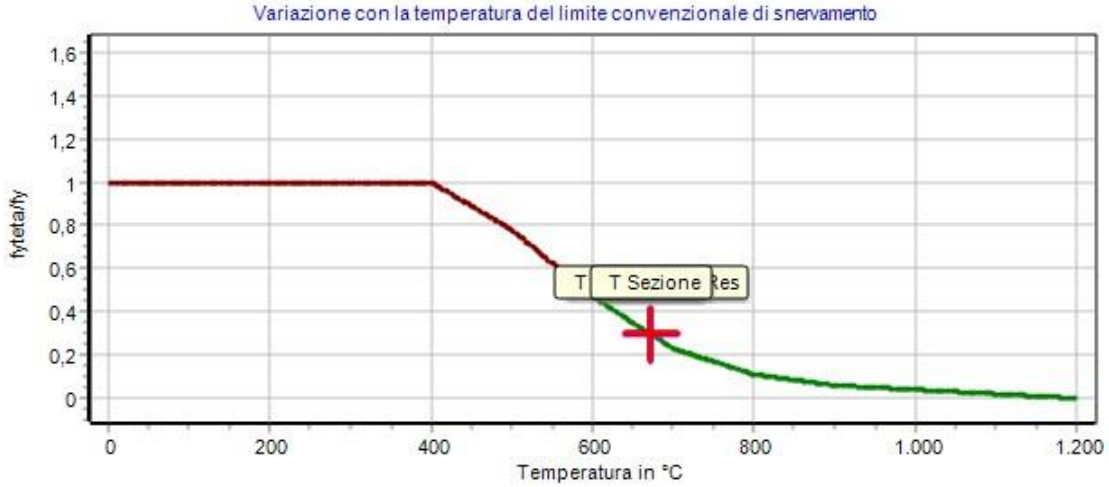
ρ 0 –

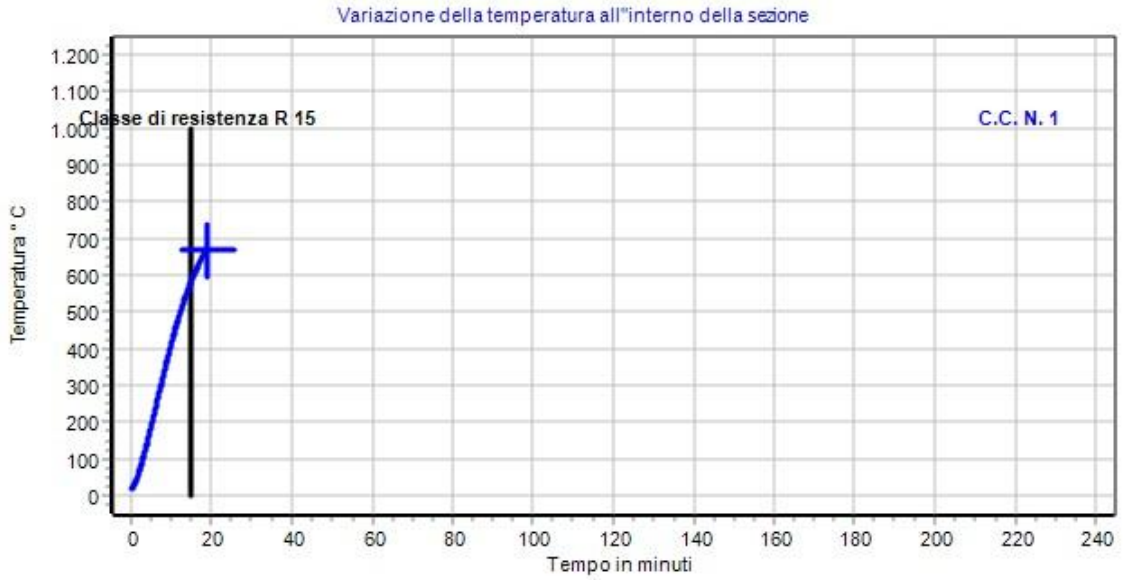
fy 3550 daN/cm2

Il coefficiente di sicurezza è 0,555.

Conclusioni – 2_SECONDARIE – GANTRY ESTERNO [IPE 500]

Condizione di carico 1





- Temperatura critica della sezione al t = 0 min: 671,542 °C
- Temperatura della sezione a t = 19 min: 671,28 °C
- Metodo di verifica utilizzato: 4.2.4 – Verifica nel dominio della temperatura

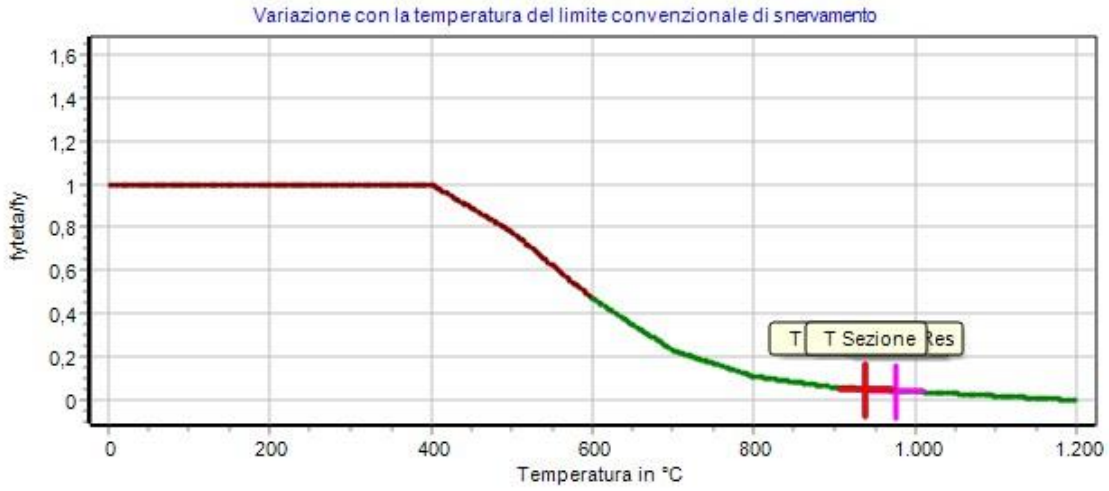
- Resistenza al fuoco strutturale: R15, con una temperatura della sezione di 585,825 °C e un fattore di resistenza di 0,555Graphs show:
- Curva della temperatura critica della sezione
- Variazione della temperatura all'interno della sezione nel tempo

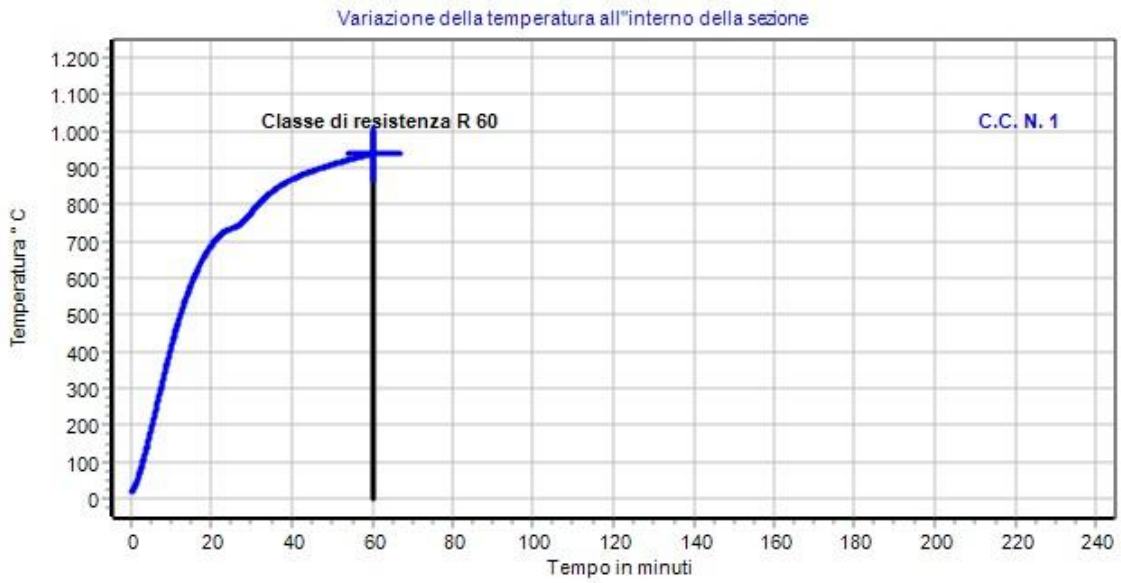
condizione di carico 2

specifiche di calcolo:

N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
0	0	-9000	0	0

Conclusioni – Condizione di carico 2





- Temperatura critica della sezione al tempo t = 0 min: 975,105 °C
- Temperatura della sezione a t = 60 min: 938,856 °C
- Metodo di verifica usato: –
- Resistenza al fuoco strutturale: R60, con una temperatura della sezione di 938,856 °C e un fattore di resistenza di 0,725

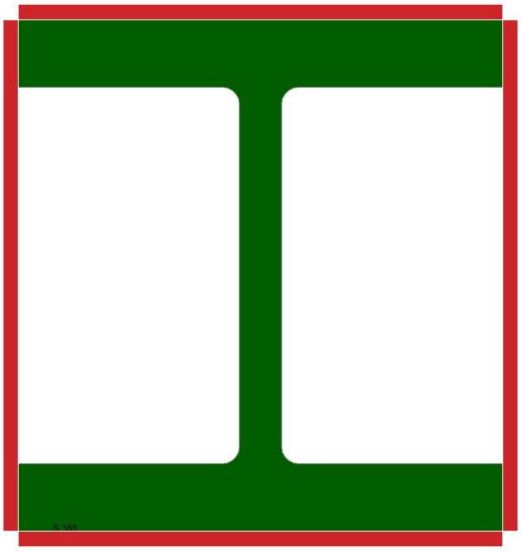
Il grafico mostra:

- Curva della temperatura critica della sezione
- Variazione della temperatura all'interno della sezione nel tempo.

19.10. 3_PRINCIPALI - GANTRY IN COPERTURA [HD 435 x 463]

La sezione degli elementi è la seguente:

Le fiamme investono la sezione nel seguente modo:



La verifica è stata effettuata considerando una sola condizione di carico.

Caso di carico:					
Descrizione	**N [daN]**	**Mx [daN m]**	**Ty [daN m]**	**My [daN m]**	**Tx [daN m]**
Caso di carico 1	0	61000	-33500	0	0

Risultati di calcolo

La verifica della capacità portante dell'elemento in acciaio è stata inoltre eseguita in conformità al punto 4.2.4, ovvero nell'intervallo di temperatura, confrontando la temperatura della sezione al tempo t con:

- La temperatura critica al tempo t = 0
- La temperatura critica θa,cr della sezione al tempo t, calcolata utilizzando la formula indicata

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482$$

Per verificare la capacità portante dopo un tempo t, è stata verificata la seguente condizione:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Dove:

- Efi,d = effetto di progetto delle azioni in caso di incendio, determinato in conformità alla norma EN 1991-1-2
- Rfi,d,t = resistenza di progetto corrispondente dell'elemento in acciaio al tempo t in condizioni di incendio
- Per le verifiche indicate al punto 4.2.3, $R_{fi,d,t}$ rappresenta Mfi,t,Rd, Nfi,t,Rd, etc., sia singolarmente che in combinazione, mentre i corrispondenti Mfi,Ed, Nfi,Ed, etc., rappresentano $E_{fi,d}$.
- In conformità con gli allegati nazionali e con la norma UNI EN 1993-1-2, i coefficienti di sicurezza parziali γM sono fissati al valore raccomandato di 1.

condizione di carico 1

specifiche di carico:

N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
0	61000	-33500	0	0

Sezioni trasversali di Classe 1 – Travi

La verifica di resistenza a flessione è stata eseguita in conformità al punto 4.2.3.3 della norma UNI EN 1993-1-2, con il momento di progetto $M_{fi,\theta,Rd}$ calcolato come segue:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} * M_{Rd} * \left[\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi} \right]$$

Dove:

- $k_{y,\theta}$ = fattore di riduzione del limite di snervamento dell'acciaio alla temperatura θa al tempo t
- MRd = Mpl * fy / γM,0 = resistenza al momento di flessione della sezione lorda a temperatura ambiente

Ipotesi di calcolo:

- $k_{y,\theta}$ = 0,228

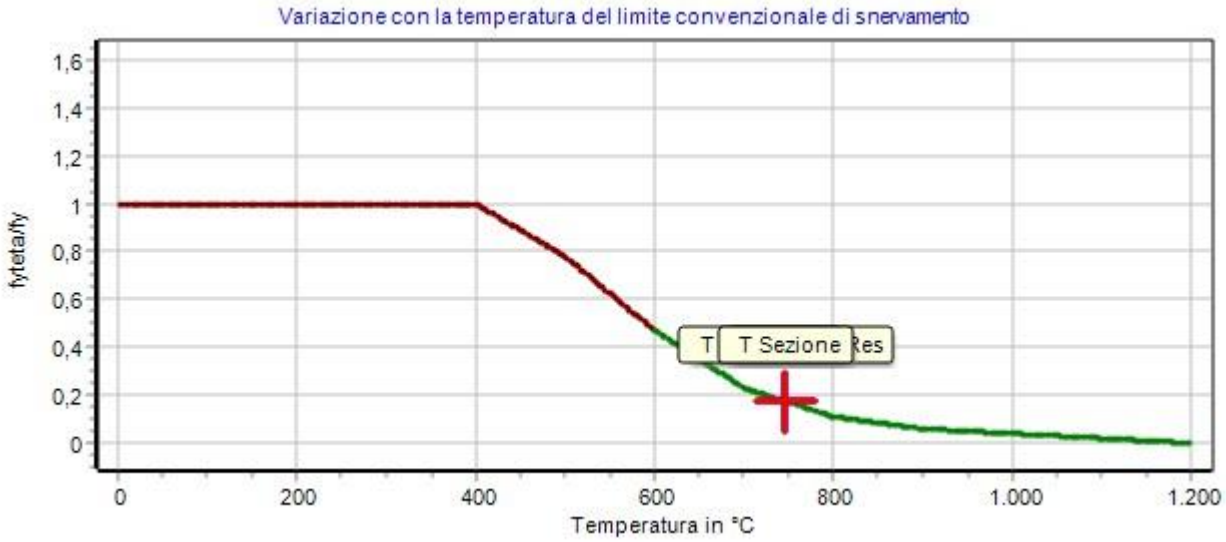
Direzione X:

M_{pl}	9877,688	[cm^3]
M_{Rd}	35065790,625	[daN m]
$M_{Rd,\theta}$	8004613,185	[daN m]
V_{Rd}	1208235,342	[daN]
$V_{pl,T,Rd}$	275808,883	[daN]
ρ	0	
fy	3550	[daN/cm^2]

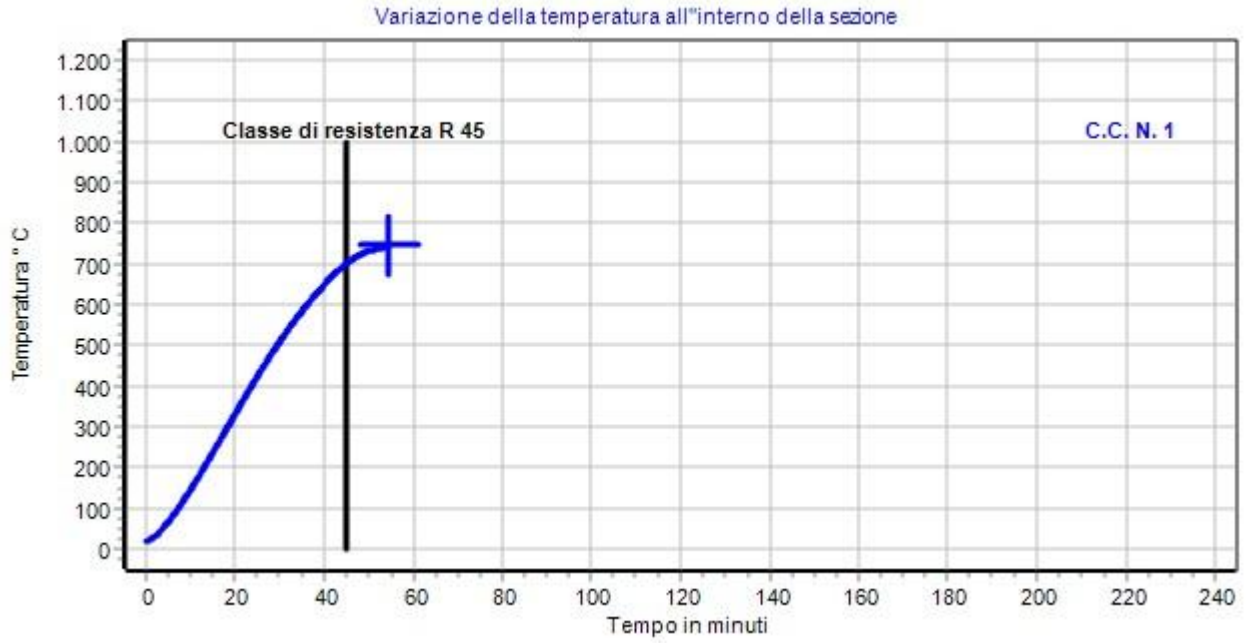
Il coefficiente di sicurezza è pari a 0,762.

Conclusioni

In base ai calcoli, la curva della temperatura critica della sezione è:



Andamento grafico della temperatura nella sezione



Temperatura critica di rottura calcolata: 745,969 °C a 0 minuti

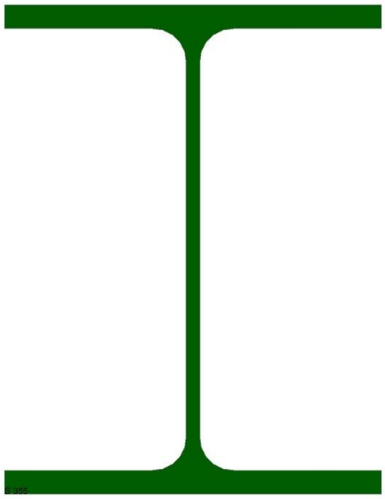
Temperatura della sezione: 745,692 °C al minuto 54

Metodo di verifica utilizzato: 4.2.4 – Verifica nel dominio della temperatura

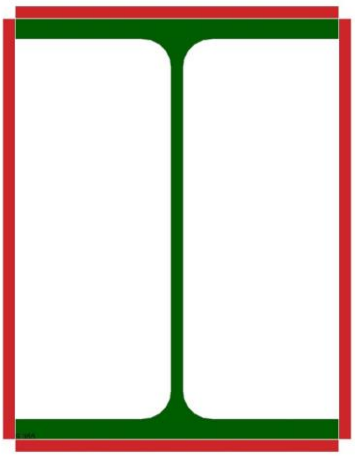
Resistenza al fuoco strutturale: R45, con una temperatura della sezione di 701,438 °C e un fattore di resistenza di 0,762

19.11. 4_SECONDARIA - GANTRY IN COPERTURA [HEA 400]

La sezione degli elementi è la seguente:



Le fiamme investono la sezione nel seguente modo:



La verifica di calcolo è stata effettuata tenendo conto di due condizioni di sollecitazione.

I dati relativi alle condizioni di carico applicate sono:

Tensioni					
Descrizione	**N [daN]**	**Mx [daN m]**	**Ty [daN m]**	**My [daN m]**	**Tx [daN m]**
Condizione di carico No. 2	0	0	-5000	0	0
Condizione di carico No. 1	0	13000	0	0	0

RISULTATI DI CALCOLO

La verifica della capacità portante di un elemento in acciaio è stata effettuata anche in conformità al punto 4.2.4, ovvero nel dominio della temperatura, confrontando la temperatura della sezione al tempo t sia con la temperatura critica di rottura al tempo t = 0 sia con la temperatura critica θa, cr della sezione al tempo t, calcolata mediante la formula

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482$$

Per verificare la capacità portante dell'elemento in acciaio, dopo un tempo t, è stata verificata la seguente condizione

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Dove

Efi,d effetto di progetto delle azioni in caso di incendio, determinato in conformità alla norma EN 1991-1-2

$R_{fi,d,t}$ resistenza di progetto corrispondente all'elemento in acciaio, in caso di incendio, al tempo t.

Per le verifiche indicate al punto 4.2.3, $R_{fi,d,t}$ rappresenta Mfi,t,Rd, Nfi,t,Rd, etc., sia singolarmente che in combinazione, mentre i corrispondenti Mfi,Ed, Nfi,Ed, etc., rappresentano $E_{fi,d}$.

In conformità con gli allegati nazionali e con la norma UNI EN 1993-1-2, i coefficienti di sicurezza parziali γM sono fissati al valore raccomandato di 1.

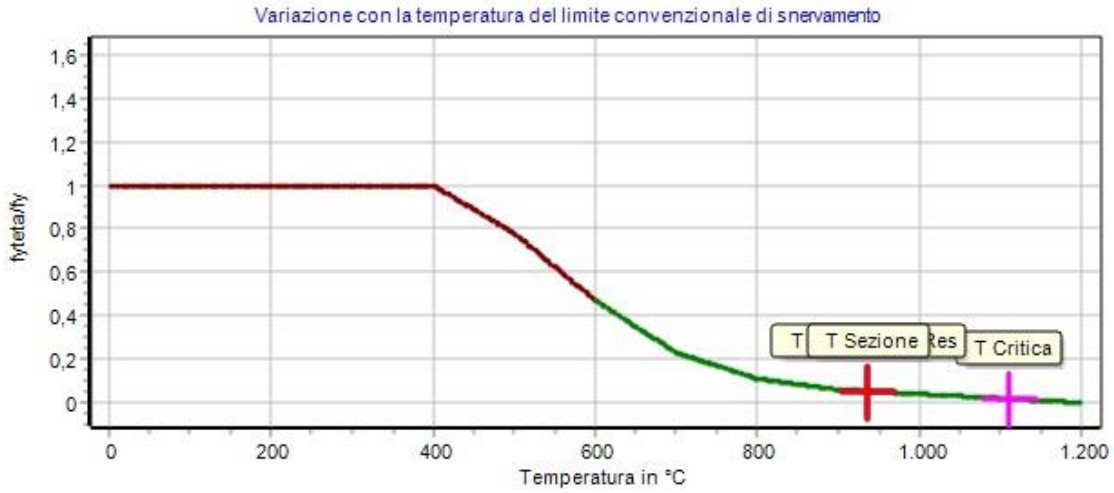
Condizione: Condizione di carico n. 2

Caratteristiche delle tensioni

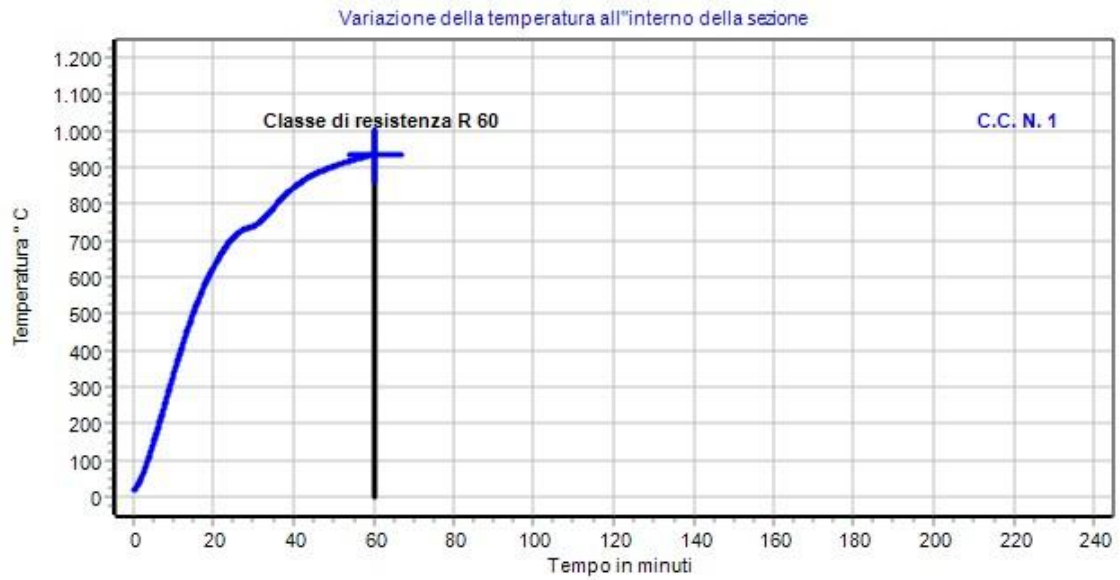
N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
0	0	-5000	0	0

Conclusioni

In base ai calcoli effettuati, il grafico della temperatura critica della sezione è



Andamento grafico della temperatura nella sezione



Temperatura critica di rottura calcolata: 1110,764 °C a 0 minuti.

Temperatura della sezione: 935,799 °C dopo 60 minuti.

Metodo di verifica utilizzato: -

Resistenza al fuoco dell'elemento strutturale R 60 con temperatura della sezione pari a 935,799 °C e coefficiente di resistenza pari a 0,29.

Condizione: Condizione di carico n. 1
Caratteristiche delle tensioni

N [daN]	Mx [daN m]	Ty [daN m]	My [daN m]	Tx [daN m]
0	13000	0	0	0

Travi con sezioni trasversali di Classe 1

La verifica di resistenza delle sezioni trasversali è stata effettuata secondo il punto 4.2.3.3 della norma UNI 1993-1-2, con il momento di resistenza Mfi,θ,Rd determinato da

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} * M_{Rd} * \left[\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi} \right]$$

Dove

ky,θ è il fattore riduttivo per la resistenza allo snervamento dell'acciaio alla temperatura θa, raggiunta al tempo t

MRd è il momento a resistenza plastica Mf0 pl,Rd della sezione lorda per il dimensionamento a temperatura ambiente, secondo la norma EN 1993-1-1.

La resistenza di progetto MRd della sezione trasversale alla flessione attorno a un asse principale è determinata da

$Mrd = Mpl * f_y/\gamma M,0.$

Nel presente calcolo è emerso quanto segue:

ky,θ 0,182

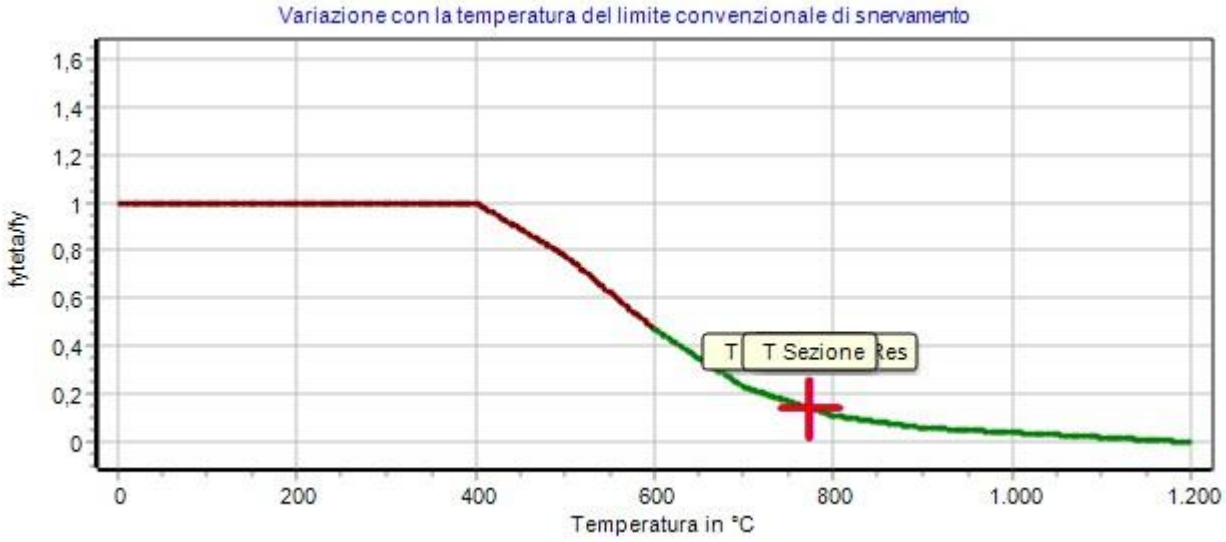
Direzione X

Mpl	2561,799	[cm3]
MRd	9094386,707	[daN m]
MRd,θ	1654995,894	[daN m]
VRd	325885,359	[daN]
Vpl,T,Rd	59304,596	[daN]
r	0	
fy	3550	[daN/cm^2]

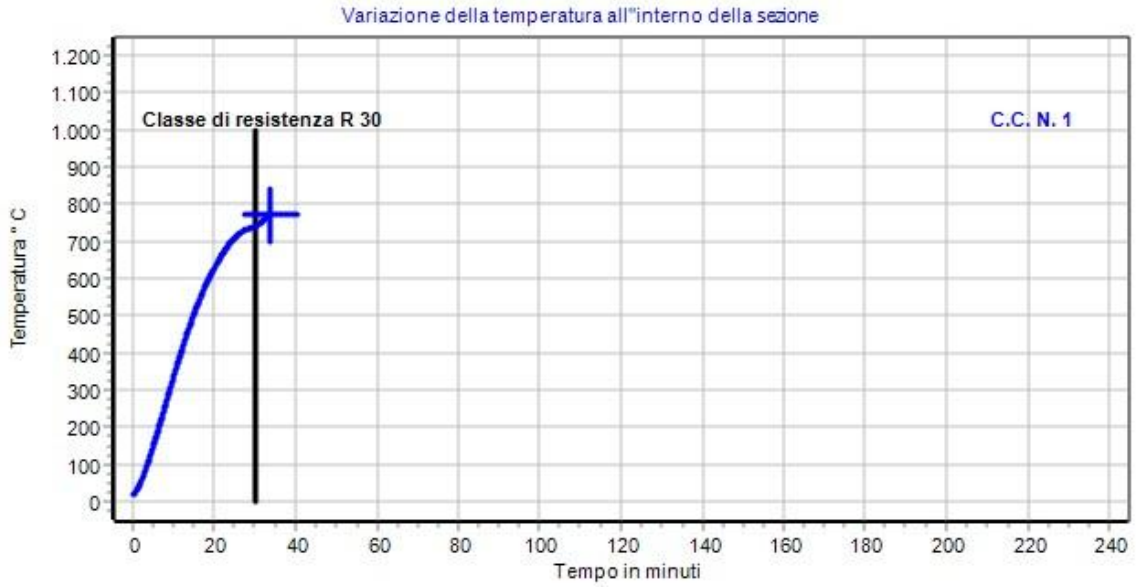
Il coefficiente di sicurezza è 0,786.

Conclusioni

In base ai calcoli effettuati, il grafico della temperatura critica della sezione è



Andamento grafico della temperatura nella sezione



Temperatura critica di rottura calcolata: 775,49 °C a 0 minuti.

Temperatura della sezione: 772,08 °C a 34 minuti.

Metodo di verifica utilizzato: 4.2.3 Verifica nel dominio di resistenza

Fire resistance of the Structural Element R 30 with section temperature equal to 740.017 °C and resistance coefficient equal to 0.786.

19.12. Conclusioni

Sulla base delle verifiche effettuate nei capitoli precedenti, per soddisfare il requisito R15 relativo alla resistenza al fuoco del gantry esterno non è necessario applicare un rivestimento protettivo con vernice intumescente o equivalente.

Per gli elementi in calcestruzzo, è necessario un adeguato copriferro per garantire la resistenza al fuoco richiesta.